

# **ELECTRIC MOTOR, CONTROLLER THEREFOR AND METHODS FOR CONTROLLING AND ASSEMBLING SAME**

**Publication number:** DE69225149T

**Publication date:** 1998-08-06

**Inventor:** SALMON MICHAEL (US); EHLE DAVID (US); HOVIS JEFFREY (US)

**Applicant:** NU TECH AND ENGINEERING INC (US)

**Classification:**

**- International:** H02K29/00; H01F7/14; H02K7/102; H02K7/12; H02K24/00; H02P6/18; H02K11/00; H02K29/00; H01F7/08; H02K7/10; H02K24/00; H02P6/14; H02K11/00; (IPC1-7): H01F7/08; H01F7/14; H02K1/04; H02K1/12; H02K7/00; H02K7/10; H02K11/00; H02K21/12

**- European:** H01F7/14A; H02K7/102; H02K7/12B; H02K24/00

**Application number:** DE19926025149T 19920511

**Priority number(s):** US19910696014 19910509; WO1992US03907 19920511

**Also published as:**

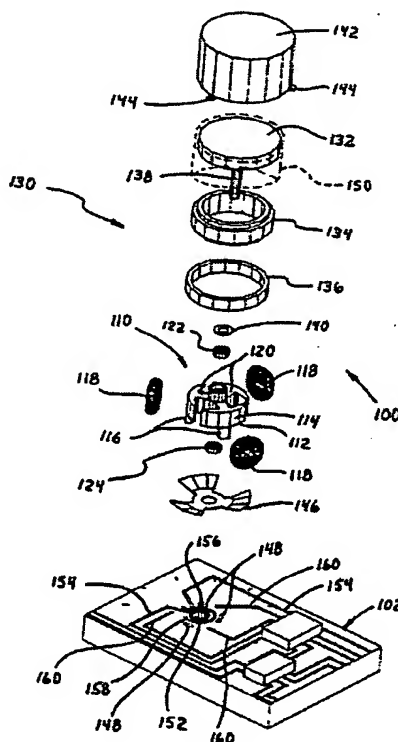
WO9220080 (A1)  
US5355373 (A1)  
EP0694203 (A4)  
EP0694203 (A0)  
EP0694203 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE69225149T

Abstract of corresponding document: WO9220080

A miniature electric motor (100) is provided including stator (110) and rotor (130) assemblies wherein the rotor assembly (130) has a magnet (134) and a shaft (138) adapted to be coupled to a load to move the load and wherein the magnet (134) is positioned about the stator assembly (110) for rotating without the stator assembly (110). The stator assembly (110) includes a stator (112) having a plurality of branches (120) made of a magnetic material angularly positioned with respect to each other and a plurality of coils (118) wound about their respective branches (120). The shaft (138) extends through the stator (112) and also, preferably, through a brake (146) which supplies pressure to the rotor assembly (130) to thereby supply a braking force to the rotor assembly (130) after the load has been rotated to a desired position.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

②7 **EP 0 694 203 B 1**

⑩ **DE 692 25 149 T 2**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 F 7/08**

H 01 F 7/14  
H 02 K 1/04  
H 02 K 1/12  
H 02 K 7/00  
H 02 K 7/10  
H 02 K 11/00  
H 02 K 21/12

**DE 692 25 149 T 2**

②1	Deutsches Aktenzeichen:	692 25 149.9
②6	PCT-Aktenzeichen:	PCT/US92/03907
②6	Europäisches Aktenzeichen:	92 911 720.8
②7	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 92/20080
②6	PCT-Anmeldetag:	11. 5. 92
②7	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	12. 11. 92
②7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	31. 1. 96
②7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	15. 4. 98
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	6. 8. 98

③0 Unionspriorität:  
696014                      09. 05. 91    US

⑦3 Patentinhaber:  
Nu-Tech and Engineering, Inc., Lapeer, Mich., US

⑦4 Vertreter:  
Dr. A. v. Föner, Dipl.-Ing. D. Ebbinghaus, Dr. Ing. D.  
Finck, Dipl.-Ing. C. Hano, Patentanwälte, 81541  
München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:  
SALMON, Michael, E., Spartanburg, SC 29302, US;  
EHLE, David, L., Attica, MI 48412, US; HOVIS,  
Jeffrey, G., Lapeer, MI 48446, US

⑤4 **ELEKTROMOTOR, VERFAHREN ZUR REGELUNG UND ZUM ZUSAMMENBAU**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 692 25 149 T 2**

### Technischer Bereich

Die vorliegende Erfindung betrifft Elektromotoren, eine Steuerung für diese und ein Verfahren zum Steuern und Zusammenbauen derselben, und insbesondere Miniatur- Elektromotoren und eine Steuerung für diese sowie ein  
5 Verfahren zum Steuern und Zusammenbauen derselben.

### Hintergrund der Erfindung

Miniatur-Elektromotoren, die zwischen festen Winkeln gedreht und an diesen festen Winkeln für eine bestimmte  
10 Zeit gehalten werden können, werden in einer Reihe verschiedener Anwendungszwecke wie beispielsweise zum Antreiben von Nadelanzeigern in Meß- und Anzeigegeräten benutzt. Damit solche Motoren einen breiten Anwendungsbereich finden können, benötigen sie eine hohe  
15 Leistung, müssen relativ kostengünstig und kompakt aufgebaut sein.

Bei der Steuerung solcher Motoren ist es wünschenswert, die Position eines Rotors des Motors an einer bestimmten Stelle für eine bestimmte Zeit zu halten.  
20 Ein Schrittschaltmotor arbeitet mit elektromagnetischen Rasten, um einen Rotor an einer bestimmten Stelle zu halten. Elektrische Energie wird zugeführt, um den Rotor an einem Magnethügel vorbeizubewegen. Wenn der Motor enterregt wird, dann kommt der Rotor zur Ruhe und kann in einem  
25 Magnettal gehalten werden. Ein Schrittschaltmotor ist daher mit diesen Magnettälern ausgestattet, die sich an gewünschten Stop-Positionen befinden. Somit ist ein Nachteil von Schrittschaltmotoren die Notwendigkeit für eine große Zahl von Rasten, um zu ermöglichen, daß der  
30 Schrittschaltmotor an einer großen Zahl von Positionen gehalten werden kann.

Ein weiterer Nachteil von Schrittschaltmotoren besteht darin, daß, wenn der Motor in einem Magnettal zur Ruhe

kommt, die Motorwelle möglicherweise vibriert, bevor sie an der gewünschten Stelle zur Ruhe kommt. Diese Vibrationen können Beschädigungen oder eine zu starke Abnutzung am Motor oder an einer Nutzlast verursachen.

5 Ein Mikro-Schrittschaltmotor bietet eine Verbesserung gegenüber dem Schrittschaltmotor, da er es ermöglicht, daß eine Welle an einer unbegrenzten Zahl von Positionen gehalten wird. Der Mikro-Schrittschaltmotor arbeitet durch Anlegen von elektrisch orthogonalen Signalen an räumlich  
10 orthogonale Pole eines Motors. Durch Ändern des Größenverhältnisses der angelegten Signale kann der Motor zu einer bestimmten Stelle bewegt und dort gehalten werden. Um den Rotor an einer gewünschten Stelle zu halten, muß jedoch ständig elektrische Energie zugeführt werden. Die  
15 Folge ist, daß die Leistung von Mikro-Schrittschaltmotoren durch die Anforderung einer entsprechenden Erhöhung der zugeführten elektrischen Energie für größere Haltemomente erhöht werden muß.

Diese Probleme wurden in dem US-Patent Nr. 4,890,027  
20 von Bohner et al. angegangen, das eine dynamische Motorsteuerung für einen kostenarmen Motor offenbart. Die Positionssteuerung des Motors erfolgt durch die Verwendung einer elektronischen Bremsvorrichtung, die einen piezoelektrischen Meßwandler zum Aufbringen einer  
25 Bremskraft auf dem Rotor beinhaltet.

Ein Versuch einer Oberflächenmontage eines Spulmeßgerät-Mechanismus ist in der Offenbarung Nr. 30650 beschrieben, die in Research Disclosure vom Oktober 1989 enthalten ist. Der Meßgerätmechanismus besteht aus  
30 oberflächenmontierten Spulen und einer Dauermagnet-Spindel-Baugruppe. An der Spindel kann ein Meßzeiger oder eine andere Anzeigevorrichtung angebracht werden. Die Spulen weisen einen hochpermeablen Kern auf und sind mit

isoliertem Kupferdraht für die Spule umwickelt. Die Rotationsposition der Spindel-Dauermagnet-Baugruppe wird durch die Menge und Richtung des elektrischen Stroms in den oberflächenmontierten Spulen geregelt. Der Mechanismus wird  
5 durch ein unteres selbstschmierendes Lager und eine obere Lagerhalterung festgehalten. Die obere Lagerhalterung dient auch als flußenthaltendes Paket.

Es wird auch Bezug auf die US-A-3970980 genommen, die einen Drehbetätigungsmechanismus offenbart, der ein  
10 zylindrisches Gehäuse umfaßt, in dem sich zylindrisch gekrümmte dauermagnetisierte Pole befinden, die an ihren Enden beabstandet sind und einen festen Anker umgeben. Der Anker hat Magnetarme, die winkelmäßig zueinander angeordnet sind und feste Pole definieren. Auf die festen Pole  
15 gewickelte Spulen erzeugen Magnetfelder, die den Rotor antreiben, wenn sie erregt werden.

Die US-A-4554491 offenbart einen bürstenlosen Gleichstrommotor, in dem der Ständer einen ringförmigen Mittelteil aufweist, der eine mittlere Öffnung definiert,  
20 wobei eine Mehrzahl von Wicklungsspulenelementen von dem ringförmigen Mittelteil radial verlaufen, und eine Mehrzahl von Zwischenkernelementen, die von dem ringförmigen Mittelteil radial verlaufen und zwischen den Wicklungskernabschnitten positioniert sind. Ein Steuerkreis  
25 erregt gleichzeitig alle Wicklungskernteile und kehrt den Erregerstrom in Abhängigkeit von der Rotationsposition des Rotors elektrisch um.

Es wird auch auf die US-A-3110130 Bezug genommen, bei der der Ständer oder Rotor erregt wird, um den Rotor in  
30 eine frei bewegliche Position oder in eine Bremsposition zu bewegen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen

kostenarmen, leichten und kompakten Motor bereitzustellen, der sich relativ leicht steuern läßt.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kombination aus Motor und Steuerung  
5 bereitzustellen, die kostenarm, effizient, kompakt und stabil ist.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Motor bereitzustellen, der auf einem Substrat oberflächenmontiert werden kann, um eine  
10 Kombination bereitzustellen, die sich relativ leicht mit konventioneller automatisierter Ausrüstung zusammenbauen läßt.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zum Steuern und Zusammenbauen solcher  
15 Elektromotoren bereitzustellen.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Elektromotor zum Drehen einer Last in eine gewünschte Winkelposition in Reaktion auf ein Sensorsignal bereitgestellt, wobei der Elektromotor eine  
20 Ständerbaugruppe aufweist, die einen Ständer mit einer Mehrzahl von Nocken aufweist, wobei der Ständer wenigstens eine Spule aufweist, die um wenigstens eine aus der Mehrzahl von Nocken gewickelt ist, wobei jede Spule ein Paar Eingangsleitungen aufweist;

25 eine Rotorbaugruppe mit einem Magnet, der eine Mehrzahl von Polen aufweist, und ein Anschlußmittel zum elektrischen Anschließen der Leitungen der wenigstens einen Spule zur Bildung eines Eingangsanschlusses, wobei der Motor dadurch gekennzeichnet ist, daß

30 der Magnet gemäß einem Magnetflußprofil mit einer Amplitude magnetisiert ist, die sinusförmig mit der Winkelposition erheblich variiert, wobei der Magnet mit der Last gekoppelt und rotationsmäßig relativ zur

Ständerbaugruppe positioniert ist; und

daß die Rotorbaugruppe relativ zur Ständerbaugruppe in Reaktion auf ein im wesentlichen kontinuierlich veränderliches elektrisches Signal rotiert, das an den Eingangsanschluß angelegt wird, um die Rotorbaugruppe unabhängig von der Geometrie des Ständers in einer aus einer Mehrzahl von Positionen winkelmäßig zu positionieren, wobei sich die Winkelposition der Last im allgemeinen linear zum Sensorsignal ändert.

10        Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern eines Elektromotors zum Antreiben einer Last bereitgestellt, wobei der Elektromotor eine Ständerbaugruppe sowie eine Rotorbaugruppe zum Rotieren relativ zur Ständerbaugruppe hat, wobei das  
15        Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

        Bereitstellen einer Bremsfläche;

        Ausstatten der Ständerbaugruppe mit einer magnetisch durchlässigen Mitte, die von ihrer elektromagnetischen Mitte verschoben ist;

20        Erregen einer der beiden Baugruppen mit wenigstens einem im wesentlichen kontinuierlich variablen elektrischen Signal, um so eine Axialkraft zwischen den beiden Baugruppen zu erzeugen, um die Rotorbaugruppe von der Bremsfläche wegzubewegen, und um eine Rotationskraft zu  
25        erzeugen, um die Rotorbaugruppe in eine gewünschte Position zu drehen; und

        Enterregen der einen Baugruppe, so daß sich die Rotorbaugruppe gegen die Bremsfläche bewegen kann, um die Rotorbaugruppe an der gewünschten Stelle festzuhalten.

30        Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Zusammenbauen eines Miniaturmotors zum genauen Drehen einer Last in eine gewünschte Winkelposition in Reaktion auf ein Sensorsignal auf einem

Substrat mit darauf ausgebildeten elektrischen Leitern bereitgestellt, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

5 Ausbilden eines Ständerkerns aus einer Mehrzahl von Lamellen, wobei der Ständerkern eine Mehrzahl von Nocken aufweist; Wickeln von wenigstens einer Spule um eine zugehörige Ständernocke, wobei die wenigstens eine Spule ein Paar Leitungen aufweist; und gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

10 Bereitstellen eines Spulenanschlußmittels, das sich zwischen dem Motor und dem Substrat befindet, wobei das Spulenanschlußmittel eine Mehrzahl von Abschlüssen aufweist;

15 elektrisches Anschließen der Leitungen der wenigstens einen Spule an einen zugehörigen Spulenanschlußmittel-Abschluß;

unbewegliches Anbringen des Anschlußmittels der Spule an dem Substrat, so daß das Spulenanschlußmittel elektrisch mit den elektrischen Leitungen gekoppelt ist;

20 Magnetisieren eines Dauermagnets mit einem Magnetfluß mit einer Amplitude, die im wesentlichen sinusförmig mit der Winkelposition variiert, wobei der Magnet den Ständerkern umgibt, und

25 Bereitstellen eines Rotors mit dem den Ständerkern umgebenden Dauermagnet für eine Rotation relativ dazu in Reaktion auf ein an die elektrischen Leiter angelegtes, im wesentlichen kontinuierlich veränderliches elektrisches Signal.

30 Die sich aus dem System der vorliegenden Erfindung ergebenden Vorteile sind zahlreich. So führt beispielsweise der Aufbau des Motors zu einem kostenarmen, effizienten und kompakten Motor, der sich relativ leicht steuern läßt.

Die obigen Aufgaben sowie weitere Aufgaben und

Merkmale der Erfindung werden einer gewöhnlichen Fachperson leicht aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung der besten Arten der Durchführung der Erfindung in Zusammenhang mit den nachfolgenden Zeichnungen verständlich.

5                    Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine auseinandergezogene perspektivische Darstellung eines Elektromotors der vorliegenden Erfindung und eines zugehörigen Substrats;

10                   Fig. 2a ist eine schematische Darstellung der Spulen des in Fig. 1 gezeigten Motors, in Delta-Konfiguration angeschlossen;

Fig. 2b ist eine schematische Darstellung der Spulen des in Fig. 1 gezeigten Motors, in Sternkonfiguration angeschlossen;

15                   Fig. 2c ist eine schematische Darstellung der Spulen des in Fig. 1 gezeigten Motors, in geerdeter Sternkonfiguration angeschlossen;

20                   Fig. 3 ist eine grafische Darstellung eines nahezu sinusförmigen Magnetflußprofils zum Magnetisieren des Magnets des in Fig. 1 gezeigten Motors;

Fig. 4 ist eine grafische Darstellung der Spulenantriebsspannungen in Abhängigkeit von der Winkelposition für die in Fig. 1 gezeigten Spulen;

25                   Fig. 5 ist ein teilweiser Grundriß einer alternativen Ständerbaugruppe, in der es weniger Spulen als Ständernocken gibt;

Fig. 6 ist eine grafische Darstellung eines nahezu trapezförmigen Magnetflußprofils zum Magnetisieren des Magnets des in Fig. 1 gezeigten Motors;

30                   Fig. 7 ist eine teilweise Querschnittsdarstellung einer ersten Lagerausgestaltung zur Verwendung mit dem in Fig. 1 gezeigten Motor;

Fig. 8 ist eine teilweise Querschnittsdarstellung

einer zweiten Lagerausgestaltung zur Verwendung mit dem in Fig. 1 gezeigten Motor;

Fig. 9 ist eine teilweise Querschnittsdarstellung einer dritten Lagerausgestaltung zur Verwendung mit dem in  
5 Fig. 1 gezeigten Motor;

Fig. 10 ist eine teilweise Querschnittsdarstellung einer vierten Lagerausgestaltung zur Verwendung mit dem in Fig. 1 gezeigten Motor;

Fig. 11 ist eine Ansicht, teilweise weggeschnitten und  
10 im Querschnitt, einer alternativen Ausgestaltung des Motors der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 ist eine Ansicht, teilweise weggeschnitten und im Querschnitt, einer weiteren Ausgestaltung des Motors der vorliegenden Erfindung, der auf der Vorderseite eines  
15 Substrats montiert werden soll;

Fig. 13 ist ein schematisches Blockdiagramm eines ersten Spulenantriebssystems zur Verwendung mit einem erfindungsgemäß konstruierten Motor;

Fig. 14 ist ein schematisches Blockdiagramm eines  
20 zweiten Spulenantriebssystems zur Verwendung mit einem erfindungsgemäß konstruierten Motor;

Fig. 15 ist ein schematisches Blockdiagramm eines dritten Spulenantriebssystems zur Verwendung mit einem erfindungsgemäß konstruierten Motor;

25 Fig. 16 ist eine grafische Darstellung von Spulenknotenspannungen für die Anwendung mit dem in Fig. 15 gezeigten Spulenantriebssystem;

Fig. 17 ist ein schematisches Blockdiagramm eines alternativen Zweispulen-Antriebssystems zur Verwendung mit  
30 einem erfindungsgemäß konstruierten Motor;

Fig. 18 ist eine grafische Darstellung von Spulenknotenspannungen zur Anwendung mit dem in Fig. 17 gezeigten Spulenantriebssystem;

Fig. 19 ist ein schematisches Diagramm für ein einfaches passives Spulenantriebssystem zur Anwendung mit einem erfindungsgemäß konstruierten Motor;

Fig. 20 ist eine grafische Darstellung der Beziehung  
5 zwischen Sensorspannung und entsprechender Meßgerätposition (°) für das in Fig. 19 gezeigte Antriebssystem;

Fig. 21 ist ein Ablaufdiagramm, das den hauptsächlichsten Ablauf der Steuerlogik für die Verwendung mit der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

10 Fig. 22 ist ein Ablaufdiagramm, das den logischen Ablauf einer Subroutine der in Fig. 21 gezeigten Hauptsteuerung veranschaulicht;

Fig. 23 ist eine grafische Darstellung des Totbereiches des Motors;

15 Fig. 24 ist ein Ablaufdiagramm, das den Logikablauf einer weiteren Subroutine der in Fig. 21 gezeigten Hauptsteuerung veranschaulicht; und

Fig. 25 ist eine grafische Darstellung der idealen, ungedämpften und gedämpften Motorreaktionen in Abhängigkeit  
20 von der Zeit.

#### Beste Arten der Durchführung der Erfindung

In Fig. 1 ist ein Motor dargestellt, der allgemein mit der Bezugsziffer 100 bezeichnet ist und der in bezug auf ein Substrat wie der Rückseite einer Vakuum-Fluoreszenz-  
25 Anzeige (VFD) 102 gezeigt wird. Es ist zu verstehen, daß die VFD 102 nicht maßstabsgetreu dargestellt ist.

Der Motor 100 kann allgemein als oberflächenmontierbarer, bürstenloser Gleichstrommotor mit einer Ständerbaugruppe beschrieben werden, die allgemein  
30 mit der Bezugsziffer 110 bezeichnet ist. Wie gezeigt, beinhaltet die Ständerbaugruppe 110 einen einstückig geformten Ständer 112 aus einem ferromagnetischen Material und hat einen Mittelteil mit einer Öffnung (nicht eigens

dargestellt), die vollkommen durch das Teil verläuft, sowie drei gleichmäßig beabstandete T-förmige Nocken oder Pole 114. In der bevorzugten Ausgestaltung besteht der Ständer 112 aus Kohlenstoffstahl der Sorte SAE 1005. Der Ständer 112 hat einen Durchmesser von 0,33 Zoll und eine Länge von 0,32 Zoll. Wie illustriert, weist jede Nocke 114 des Ständers 112 eine nach unten vorstehende Montagezunge 116 auf, die auf einer entsprechenden Kontaktstelle 148 aufgenommen und festgehalten wird, die auf der Rückseite der VFD 112 ausgebildet ist.

Wie am besten aus Fig. 1 ersichtlich ist, sind drei Spulen 118 vorzugsweise auf Halsabschnitte 120 der Nocken 114 gewickelt, so daß eine standardgemäße Spulenwicklungsausrüstung benutzt werden kann. Gemäß den Figuren 2a-2c können die Spulen 118 elektrisch als Delta-Konfiguration, als Stern-Konfiguration oder als geerdete Stern-Konfiguration angeschlossen sein. Jede Konfiguration bietet ein anderes Maß an Motorsteuerung und -leistungsfähigkeit. So hat beispielsweise eine Steuerspannung an einem beliebigen der Knoten A, B oder C in einer Delta-Konfiguration Einfluß auf alle drei Spulen, während eine Spannung an einem der Knoten A, B oder C in einer geerdeten Sternkonfiguration nur eine Spule beeinflusst. Es ist somit verständlich, daß die geerdete Sternkonfiguration das höchste Maß an Flexibilität bei der Steuerungsstrategie bietet und leistungsfähiger ist als eine Delta-Konfiguration. Anstatt die Konfiguration von Fig. 2c zu erden, ist es natürlich auch möglich, sie auf einem vorbestimmten Referenzniveau zu halten. Die Delta-Konfiguration der Fig. 2a ergibt jedoch für die jeweilige Spannung ein höheres Drehmoment. Das Drehmoment kann für eine ähnliche an die Stern- oder geerdete Sternkonfiguration angelegte Spannung bis zu 50% höher

liegen. Außerdem läßt sich die Delta-Konfiguration leichter herstellen, da es weniger Abschlüsse gibt und die Spulen 118 auf kontinuierliche Weise gewickelt werden können. In der bevorzugten Ausgestaltung wird daher eine Delta-Konfiguration benutzt.

Am meisten bevorzugt wird, daß jede Spule 118 mit etwa 150 Umdrehungen eines Magnetdrahtes der Sorte #38 AWG gewickelt wird, was einen Spulenknotenwiderstand von etwa 5 Ohm bei Delta-Konfiguration ergibt. Es ist zu verstehen, daß diese Konstruktion eine sehr kostenarme und kompakte Ständerbaugruppe 110 ergibt. Außerdem werden, da jede der Spulen 118 einen ferromagnetischen Kern hat, die beim Erregen der Spulen 118 erzeugten Magnetfelder verstärkt. Demzufolge hat die Ständerbaugruppe 110 und somit der Motor 100 eine geringe Stromaufnahme und ein hohes Drehmoment.

Weiterhin mit Bezugnahme auf Fig. 1, beinhaltet eine Rotorbaugruppe, die allgemein mit der Bezugsziffer 130 bezeichnet ist, eine Plastikkappe 132, einen Magnet 134, einen ringförmigen Plastikring 136 und eine Motorabtriebswelle 138, die alle zur Rotation in bezug auf die Ständerbaugruppe 110 aneinander befestigt sind. Der Magnet 134 ist vorzugsweise ein Keramikmagnet mit einer Höhe von 0,40 Zoll, einem Innendurchmesser von 0,37 Zoll und einem Außendurchmesser von 0,62 Zoll. Ebenso bevorzugt wird, daß der Magnet 134 durch seinen Durchmesser magnetisiert wird, um einen Nord- und einen Südpol zu erzeugen. Zum Magnetisieren des Magnets 134 wurde ein nahezu sinusförmiges Magnetflußprofil benutzt (s. Fig. 3). Wie in Fig. 3 illustriert, hat das Magnetflußprofil vorzugsweise einen Spitzenfluß von etwa 400 Gauss (mit leerem Kern).

Gemäß Fig. 4 werden zum genauen Positionieren des Motors vorzugsweise die folgenden Spulenspannungen  $V_1$ ,  $V_2$

und  $V_3$  an die Spulen 118 angelegt,

$$V_1 = \sin(X) \quad (1)$$

$$V_2 = \sin(X + 120^\circ) \quad (2)$$

und

5  $V_3 = \sin(X + 240^\circ) \quad (3)$

wobei "X" die gewünschte Winkelposition zwischen 0 und 360° repräsentiert. Somit wird durch Anlegen verschiedener Kombinationen von Antriebsspannungen an die Spulen 118 die Winkelposition der Motorwelle 138 im wesentlichen unendlich  
10 verstellbar.

Spulenspannungen, die um 120° phasenverschoben sind, funktionieren gut mit der Geometrie der Spulen 118. Die Antriebsspannungen werden zwar im allgemeinen sinusförmig gezeigt, aber es könnte auch jede andere Wellenform, wie  
15 z.B. quadratisch oder dreieckig, benutzt werden. Der Spitzenantriebsstrom beträgt vorzugsweise etwa 0,25 A pro Spule 118. Die Verwendung dieser Antriebsspannungen mit dem wie hier offenbart aufgebauten Motor 100 ergibt eine Ausgangspositionslinearität innerhalb von 2°.

20 In Fig. 5 wird eine alternative Baugruppe aus Ständer 112 und Spule 118 gezeigt, bei der die Anzahl der Ständernocken 114 oder Pole die Anzahl der um sie gewickelten Spulen 118 überschreitet. In dieser bevorzugten Ausgestaltung sind, wie illustriert, zwei Spulen 118 um den  
25 Dreinocken-Ständer 112 gewickelt und elektrisch am Knoten "B" angeschlossen. Die beiden Spulen könnten natürlich auch um beliebige andere zwei Nocken gewickelt werden. Es ist zu bemerken, daß eine dritte Spule zwar fehlt, aber daß eine dritte Ständernocke für den magnetischen Ausgleich  
30 erforderlich ist.

Die Antriebsspannungen für die in Fig. 5 gezeigte Ständer/Spulen-Anordnung sind vorzugsweise sinusförmig und um 120° voneinander phasenverschoben, wie zuvor in bezug auf

die in Fig. 1 gezeigte Motorausgestaltung beschrieben. Unter Verwendung dieser Antriebsspannungen bleibt die verfügbare Winkelablenkung der zweispuligen Ausgestaltung bei vollen 360°, obwohl auch eine geringere Winkelablenkung  
5 möglich ist. Das erzeugte Drehmoment ist jedoch im allgemeinen uneinheitlich. Die geringere Teilezahl aufgrund der fehlenden Spule und die kürzere Herstellungszeit führen zu Kosteneinsparungen. Die zweispulige Ausgestaltung ist somit ideal für den Einsatz in einer Anwendung, die  
10 eine reduzierte Winkelablenkung erfordert, wie z.B. eine Tankuhr in der Instrumentengruppe eines Kraftfahrzeugs.

Da einige Anwendungen am besten für einen Motor geeignet sind, der in der Lage ist, einen kleineren Satz an Ausgangspositionen oder Schritten zu erzeugen, kann der  
15 Motor 100 so aufgebaut sein, daß er einen solchen reduzierten Satz von Positionen bereitstellt. Für eine solche alternative Anwendung werden die Spulen 118 vorzugsweise um die Ständernocken 114 mit etwa 200 Umdrehungen eines Drahtes der Sorte #39 AWG gewickelt, so  
20 daß sich Knotenwiderstände von etwa 10 Ohm ergeben. Der Keramikmagnet 134 wird vorzugsweise mit einem etwa trapezförmigen Flußprofil wie in Fig. 6 gezeigt magnetisiert. In Fig. 6 hat das trapezförmige Flußprofil einen Spitzenfluß von etwa 1350 Gauss.

25 Wieder beziehend auf Fig. 1, der Magnet 134 ist an einer Fläche der Plastikkappe 132 befestigt, und der Plastikring 136 ist an der anderen Fläche des Magnets 134 befestigt. Die Abtriebswelle 138 ist am Ende der Plastikkappe 132 angeformt oder auf andere Weise an dieser  
30 befestigt. Die Abtriebswelle 138 ist so dimensioniert, daß sie durch den Magnet 134 und den Plastikring 136 läuft. Der Magnet 134 ist zwar als allgemein zylindrischer Magnet dargestellt, er könnte jedoch auch als Band oder Ring

ausgestaltet sein, wobei eine Mehrzahl von Einzelmagneten darum angeordnet ist.

Weiter bezugnehmend auf Fig. 1, eine Druckscheibe 140 ist vorzugsweise auf der Abtriebswelle 138 zwischen der Plastikcappe 132 und der Ständerbaugruppe 110 positioniert. Außerdem befindet sich vorzugsweise ein Paar zusätzlicher Eindruckhülsen 122 und 124 jeweils auf der Oberseite und der Unterseite des Ständers 112 in dessen mittlerer Öffnung, um zur Ausrichtung der Abtriebswelle 138 beizutragen. In der bevorzugten Ausgestaltung verläuft die Abtriebswelle 138, wenn der Motor 100 zusammengebaut ist, durch die Druckscheibe 140, die Hülse 122, die Öffnung des Ständers 112 und die Hülse 124, so daß der Magnet 134 den Ständer 112 und die darauf getragenen und unmittelbar daneben befindlichen Spulen 118 umgibt oder ohne diese auskommt. Durch diese Konstruktion ergibt sich ein kompakter geschlossener Magnetkreis mit einem kleinen Luftspalt.

Aufgrund der ferromagnetischen Natur des Ständers 112 zentriert sich der Magnet 134 im allgemeinen selbst auf der magnetischen Mitte des Ständers, die sich an oder unmittelbar vor dem Massezentrum des Ständers befindet. Durch diese Konstruktion hat der Motor 100 einen eigenen, sich selbst korrigierenden Positionsspeicher. Durch dieses Selbstkorrekturmerkmal kann der Motor 100 Positionierungsprobleme bei jeder Erregung der Spulen 118 korrigieren. Somit können Positionierungsungenauigkeiten mit der nächsten Positionsverstellung behoben werden. Zusätzlich hat der Motor 100 eine stabile "Ausschalt"- (d.h. ungespeiste) Position. Diese Merkmale geben dem Motor 100 einen Vorteil gegenüber Schrittschaltmotoren, die inhärente Positionierungsprobleme haben.

In einer bevorzugten Ausgestaltung umgibt eine Kappe

142 den zusammengebauten Motor 100. Wie in Fig. 1 gezeigt, beinhaltet die Kappe 142 eine Mehrzahl von Montagezungen 144, so daß der Motor 100 auf der VFD 102 oder einem anderen Substrat wie beispielsweise einer Leiterplatte  
5 (nicht speziell dargestellt) oberflächenmontiert werden kann, wobei die Abtriebswelle 138 wie nachfolgend beschrieben durch sie verläuft. Die Kappe 142 soll als Magnetflußkonzentrator für den Magnetfluß 134 und als Magnetabschirmung für die gesamte Motorbaugruppe dienen,  
10 wodurch verhindert wird, daß externe Magnetfelder die Motorleistung negativ beeinflussen. Die Magnetabschirmung besteht aus einem geeigneten Stahl. Die Kappe 142 hat die zusätzliche Funktion, daß sie die Motorbaugruppe gegenüber Umgebungseinflüssen wie Staub, Schmutz und dergleichen  
15 schützt.

Alternativ könnte anstelle der Kappe 142 und der Plastikkappe 132 eine Kappe 150 in der Form eines umgekehrten Bechers benutzt werden, wie in Fig. 1 durch gestrichelte Linien angedeutet ist. In dieser bevorzugten  
20 Ausgestaltung besteht die Kappe 150 aus kohlenstoffarmem Stahl mit darauf angeformter Motorwelle 138. Am meisten bevorzugt wird, daß die Kappe 150 ein einheitliches Stück und so dimensioniert ist (z.B. eine Dicke von 0,030 Zoll und eine Länge von etwa 0,500 Zoll hat), daß sie den Magnet  
25 134 und die Ständerbaugruppe 110 und die Rotorbaugruppe 130 im wesentlichen umschließt. So dimensioniert, bietet die Kappe 150 Schutz für die Motorbaugruppe gegenüber der Umgebung. Die Kappe 150 hat vornehmlich die Doppelfunktionen einer Magnetflußführung und eines  
30 Konzentrators für den Magnet 134, der vorzugsweise im Preßsitz in der Kappe 150 steckt, sowie als elektromagnetische Abschirmung für die Motorbaugruppe, so daß verhindert wird, daß externe Magnetfelder die Leistung

des Motors 100 negativ beeinflussen.

Weiterhin bezugnehmend auf Fig. 1, die Abtriebswelle 138 verläuft auch vorzugsweise durch eine piezoelektrische Bremse 146 und die VFD 102. Durch die VFD 102 verläuft eine Glasröhre 152, durch die die Welle 138 verlaufen kann, so daß gleichzeitig das Vakuum in der VFD aufrechterhalten wird. Entsprechend dimensioniert, fungiert die Glasröhre 152 auch als Lager, um die Wellenrotation zu erleichtern. Vorzugsweise befinden sich zwei leitende elektrische Leiterbahnen 154 auf der VFD 102, die Leistung und Erdung für die piezoelektrische Bremse 146 bereitstellen und in einer Ausgestaltung Erdschluß zu den Spulen 118 haben, so daß der Motor 100 und die Bremse 146 genau gesteuert werden können, wie nachfolgend ausführlicher beschrieben wird.

Eine der Leiterbahnen 154 definiert einen Leistungsring 156, die andere Leiterbahn definiert einen Erdungsring 158 für die piezoelektrische Bremse 146. Die Bremse 146 ist gewöhnlich an die Ringe 156 und 158 angelötet. Drei weitere Leiterbahnen 160 liefern Strom zu den Spulen 118.

Eine durchschnittliche Fachkraft könnte sich zahlreiche Anwendungen für den erfindungsgemäßen Motor vorstellen. Für viele dieser Anwendungen ist die Bereitstellung elektrischer Anschlüsse zum Motor und die Bereitstellung einer geeigneten Lagerfläche in Verbindung mit der Montage oder der Befestigung des Motors 100 an einem geeigneten Substrat von beträchtlicher Bedeutung. Da der Motor 100 ein kleiner Motor mit geringem Drehmoment ist, ist Reibung natürlich ein zu berücksichtigender Faktor.

In Fig. 7 wird eine erste bevorzugte Lagerausgestaltung für den Einsatz mit dem Motor 100 gezeigt. Wie illustriert, ist der Motor 100 auf einem Substrat 164 wie z.B. einer Leiterplatte montiert. Das

Substrat 164 beinhaltet eine Röhre 166, die durch dieses verläuft und die Motorwelle 138 aufnimmt. In der bevorzugten Ausgestaltung besteht die Röhre 166 aus nichtrostendem Stahl und hat einen Durchmesser, der etwa 0,001 Zoll größer ist als der Durchmesser der Welle 138, um eine Lagerfläche zu bilden. Die Innenfläche der Röhre 166 könnte genutzt sein, um den Kontaktbereich der Welle 138 zu reduzieren, wodurch die Reibung reduziert wird. Ein Motorkommutator 168 ist fest durch die Lötverbindung 171 oder dergleichen an dem Substrat 164 angebracht und beinhaltet drei Segmente, von denen zwei illustriert sind. Der Kommutator 168 weist auch eine Mehrzahl von Spulenabschlüssen 172 auf, die jeweils in elektrischer Verbindung mit einem zugehörigen Kommutatorsegment sind. Die Spulenabschlüsse 177 sind in elektrischer Verbindung mit den Spulenknöten A, B und C, von denen in Fig. 7 jedoch nur zwei dargestellt sind. In der bevorzugten Ausgestaltung ruht eine Bremsscheibe 170 auf dem Kommutator. Die Bremsscheibe 170 besteht aus kohlenstoffarmem Stahl, hat eine Dicke von 0,030 Zoll und einen Außendurchmesser von 0,35 Zoll. Die Bremsscheibe 170 und der Ständer (d.h. das Ständerlamellenpaket) sind durch einen nichtmagnetischen Spalt von 0,075 Zoll voneinander getrennt. Die Bremsscheibe 170 bewirkt eine Verschiebung des Magnets 134 von seiner magnetischen Ausgleichsposition um 0,020 Zoll in bezug auf den Ständer 112. Durch Zuführen von Strom zu wenigstens einer der Spulen 118 wird bewirkt, daß sich der Ständer 112 und der Magnet 134 neu ausrichten, wodurch der Magnet 134 von der Bremsoberfläche zur Rotation gelöst wird.

In Fig. 8 wird eine alternative Lagerausgestaltung für den Motor 100 gezeigt. Wie in Fig. 8 zu sehen ist, ist der Motor 100 auf einem Substrat 164 wie beispielsweise einer Leiterplatte montiert. Alternativ könnte das Substrat 164

ein flexibler Streifen mit elektrischen Leitern sein, der elektrisch an einer Leiterplatte 174 angeschlossen ist, unter der Voraussetzung, daß eine richtige Auflagefläche (nicht speziell dargestellt) für den Motor 100 vorhanden ist. Eine Ständerwelle 176 bietet die Abstützung für die Rotation des Magnets 134 und der Kappe 150 um den Ständer 112. Der Motorkommutator 168 ist vorzugsweise fest durch die Lötverbindung 171 oder dergleichen an dem Substrat 164 angebracht und beinhaltet drei Segmente, von denen zwei dargestellt sind. Der Kommutator 168 weist auch eine Mehrzahl von Spulenabschlüssen 172 auf, die jeweils in elektrischer Verbindung mit einem zugehörigen Kommutatorsegment sind. Die Spulenabschlüsse 172 befinden sich in elektrischer Verbindung mit den Spulenknoten A, B und C, von denen zwei dargestellt sind. Wie illustriert, beinhaltet eine Rotorabstützung 178 einen Ringteil 180, der vorzugsweise an der Kappe 150 befestigt ist, um die richtige Ausrichtung zu gewährleisten. Der Ringteil 180 beinhaltet eine mittlere Öffnung, durch die der Kommutator 168 verläuft. Die Rotorabstützung 178 weist auch vorzugsweise einen Armteil 182 auf, der an den Ringteil 180 angeformt ist. Somit rotiert die Rotorabstützung 178 (d.h. der Ringteil 180 und der Armteil 182) um die Motorachse "H". Diese Konstruktion bietet zwar eine gute Lagerausgestaltung, aber die Anwesenheit des Substrats 164 beschränkt die Rotation des Magnets 134 aufgrund des Armteils 182.

In Fig. 9 wird eine weitere alternative Lagerausgestaltung für den Motor 100 gezeigt. Wie illustriert, ist der Motor 100 vorzugsweise auf einem Substrat 164 wie z.B. einer Leiterplatte montiert. In dieser Ausgestaltung ersetzt eine Steckverbinder-Lagerbaugruppe, die allgemein mit der Bezugsziffer 184

bezeichnet ist, den Kommutator 168 der beiden zuvor in den Figuren 7 und 8 gezeigten Lagerausgestaltungen. Das Steckverbinderlager 184 beinhaltet eine Mehrzahl von Spulenabschlüssen 186, die von einem Punkt innerhalb des Motors 100 durch das Steckverbinderlager 184 bis zum Substrat 164 verlaufen. Die Spulenabschlüsse 186 sind elektrisch an Spulenabschlußdrähte 188 angeschlossen, die sich somit in elektrischer Verbindung mit dem Substrat 164 befinden. Die Spulenabschlüsse 186 wirken mit dem Substrat 264 zusammen, um entweder einen Oberflächenmontageanschluß zu bilden, der allgemein mit der Bezugsziffer 190 bezeichnet ist, oder einen Durchkontaktierungsanschluß, der allgemein durch gestrichelte Linien angedeutet und mit der Bezugsziffer 192 bezeichnet ist. Eine Lagerkappe 194 ist an dem Magnet 134 und der Kappe 150 befestigt. In der bevorzugten Ausgestaltung ist die Lagerkappe 194 aus Delrin hergestellt und beinhaltet eine mittlere Öffnung, durch die das Steckverbinderlager 184 verläuft. Die Öffnung der Lagerkappe ist so bemessen, daß das Steckverbinderlager 184 die Lagerkappe kontaktiert und somit eine Lagerfläche 196 bildet.

In Fig. 10 wird eine weitere alternative Lagerausgestaltung für den Motor 100 gezeigt. In dieser bevorzugten Ausgestaltung stellt der Kommutator 168 die Lagerfläche und das Mittel bereit, durch das die Spulen elektrisch mit dem Substrat 164 wie beispielsweise einer Leiterplatte verbunden werden. Wie in der in Fig. 7 gezeigten Ausgestaltung ist der Kommutator 168 fest durch eine Lötverbindung 171 oder dergleichen an dem Substrat 164 befestigt und weist drei Segmente auf, von denen zwei dargestellt sind. Der Kommutator 168 beinhaltet auch drei Spulenabschlüsse 172, die sich jeweils in elektrischer Verbindung mit einem zugehörigen Kommutatorsegment

befinden. Die Spulenabschlüsse 172 befinden sich in elektrischer Verbindung mit den Spulenknoten A, B und C, von denen in Fig. 10 jedoch nur zwei dargestellt sind. Die Ständerwelle 176 verläuft durch den Kommutator 168 und das Substrat 164. Eine allgemein kreisrunde Lagerkappe 202 ist an dem Magnet 134 und der Kappe 150 zur Rotation damit befestigt. Die Lagerkappe 202 besteht vorzugsweise aus Delrin und weist vorzugsweise eine mittlere Öffnung auf, durch die der Kommutator 168 verläuft.

Wieder bezugnehmend auf Fig. 1, die piezoelektrische Bremse 146 hat eine allgemein konkave Form in ihrem "ungespeisten" Zustand. Somit ist die piezoelektrische Bremse 146 gewöhnlich gegen den Plastikring 136 vorgespannt, d.h. die Bremse ist normalerweise "angezogen", wodurch eine Rotation der Abtriebswelle 138 und einer daran angeschlossenen Last (z.B. ein Zeiger) verhindert wird, wenn sich die Last in einer gewünschten Position befindet. Wenn die Bremse 146 jedoch erregt wird, dann wird sie allgemein flach und von dem Plastikring 136 weg abgelenkt, wodurch die Bremse 146 sowie die Abtriebswelle 138 gelöst werden, so daß sich diese in eine neue gewünschte Winkelposition drehen kann.

Alternativ kann der Motor 100 auch ohne die piezoelektrische Bremse 146 gebremst werden. Da der Ständer 112, wie in Fig. 1 gezeigt, auf der "Oberseite" eine höhere Magnetmasse hat als auf der "Unterseite", befindet sich sein Magnetzentrum oberhalb seines physischen Zentrums. Wie oben ausführlicher beschrieben ist, zentriert sich der Magnet 134 selbsttätig um das Magnetzentrum.

In Fig. 11 wird eine alternative Motorausgestaltung gezeigt, die allgemein mit der Bezugsziffer 208 bezeichnet ist und eine alternative Ständerbaugruppe aufweist, die allgemein mit der Bezugsziffer 210 bezeichnet ist. Die

Ständerbaugruppe 210 weist einen einstückig ausgebildeten ferromagnetischen Ständer 212 auf, dessen Mittelteil eine Öffnung (nicht speziell dargestellt) aufweist, die vollständig durch diesen verläuft und drei allgemein T-förmige, gleichmäßig beabstandete Nocken oder Pole 214 aufweist. Jede Nocke 214 des Ständers 212 hat einen einstückig ausgebildeten, nach unten vorstehenden Magnetschenkel 216, der durch eine allgemein ringförmige, magnetische, durchlässige Basis 218 oder um diese herum verläuft. Die magnetisch durchlässige Basis 218 hat einen axial vorstehenden Lippenteil 220, der mit dem Rest des Magnetkreises zusammenwirkt, um einen im wesentlichen geschlossenen Magnetflußpfad zu bilden. Die magnetisch durchlässige Basis 218 ist vorzugsweise zentral in einem Substrat wie beispielsweise einer Leiterplatte 222 positioniert und an diesem fest angebracht. Die Schenkel 216 der Ständerbaugruppe 210 lassen eine Oberflächenmontage an der Leiterplatte 222 zu. Diese Bauweise führt dazu, daß sich die kombinierte Magnetdurchlässigkeitsmitte der Baugruppe 210 und der Basis 218 an einer Position befinden, die mit "D" bezeichnet ist und die unter ihrem elektromagnetischen Zentrum liegt, das in Fig. 11 mit "E" bezeichnet ist.

Weiter bezugnehmend auf Fig. 11, wenn die Spulen 118 nicht gespeist werden, dann bewirken die Magnetdurchlässigkeitsmitte "D" des Ständers 212 und die magnetisch durchlässige Basis 218, daß das Magnetzentrum in dem Magnet 134 der Höhe "D" zustrebt. Bevor der Magnet 134 die Höhe "D" erreicht, erhält er Kontakt mit dem Bremsselement 224 und stoppt auf der Höhe "F". Die Oberfläche des Bremsselementes 224 kann strukturiert sein oder das Material kann so gewählt werden, daß der/die gewünschte(n) Reibungskoeffizient(en) erzielt wird/werden.

Wäre die magnetische Basis 218 nicht vorhanden, dann würde das Magnetzentrum des Magneten nur zum Ständer 131 angezogen, und der Magnet würde zur Höhe "E" streben.

5 Wenn die magnetische Basis 218 wie in Fig. 11 gezeigt positioniert ist, dann bewegt sich der Magnet 134 von der Höhe "E" in Richtung auf die Höhe "D" "nach unten" und stoppt aufgrund des Kontaktes des Magnets 134 mit dem Bremsselement 224 auf der Höhe "F". Der Magnet 134 wird  
10 festgehalten und daran gehindert, um die Motorachse "G" zu rotieren, wodurch der Zeiger 226 festgehalten wird, der durch die Welle 138 an dem Magnet 134 befestigt ist.

Wenn eine neue Zeigerposition gewünscht wird, dann legt die Steuerung eine Antriebsspannung an eine oder mehrere der Spulen 118 an, wodurch auf Höhe "E" ein  
15 elektromagnetisches Feld erzeugt wird. Dieses Magnetfeld auf Höhe "E" zieht im allgemeinen das Magnetzentrum des Magneten 134 auf diese Höhe an. Gleichzeitig wird das Magnetzentrum des Magnets 134 aufgrund der Durchlässigkeit der magnetischen Basis 218 auf Höhe "D" angezogen. Durch  
20 das Anlegen einer geeigneten Antriebsspannung an eine oder mehrere Spulen 118 ist die "Aufwärts"-Kraft auf dem Magnet 134 in Richtung auf die Höhe "E" größer als die "Abwärts"-Kraft in Richtung auf die Höhe "D". Die Folge ist, daß sich der Magnet 134 von der Höhe "F" in Richtung auf die Höhe  
25 "E" bewegt, so daß sich der Magnet 134 von dem Bremsselement 224 löst.

Somit sollte(n) die an die Spule(n) 118 angelegte(n) Antriebsspannung(en) in der Lage sein, den Zeiger 226 in die neue Winkelposition um die Achse "G" zu drehen, und  
30 auch in der Lage sein, den Magnet 134 von dem Bremsselement 224 zu lösen. Nach Ablauf eines entsprechenden Zeitraums, in dem der Zeiger 226 seine neue Winkelposition einnehmen kann, wird der Strom von den Spulen 218 weggenommen, so daß

der Magnet 134 auf die Höhe "F" heruntergezogen und durch das Bremsselement 224 festgehalten werden kann, bis der Zeiger 226 in eine neue Position bewegt werden soll.

In Fig. 12 ist eine alternative Motorausgestaltung allgemein mit der Bezugsziffer 230 bezeichnet. Der Motor 230 ist für eine Frontmontage konzipiert, so daß er auf der Vorderseite des Substrats wie beispielsweise einer Leiterplatte 222 oder der in Fig. 1 gezeigten VFD 102 oberflächenmontiert werden kann. In dieser Ausgestaltung ist der Zeiger 226 fest auf einem Deckel 232 anstatt an der Motorabtriebswelle angebracht. Der Deckel 232 besteht vorzugsweise aus Plastik und ist fest an dem Magnet 134 angebracht, so daß er mit diesem relativ zur Ständerbaugruppe rotiert, wie allgemein durch die Bezugsziffer 234 angedeutet wird. Die Ständerbaugruppe 234 beinhaltet einen Ständer 236, der dem zuvor beschriebenen Ständer 212 im wesentlichen ähnlich ist. Der Ständer 236 weist jedoch keine durch seinen Mittelteil verlaufende Öffnung auf.

Weiter beziehend auf Fig. 12, wenn die piezoelektrische Bremse 146 und die Spulen 118 erregt werden, dann wird die Unterseite des Magnets 134 von der Bremse 146 gelöst. Der Magnet 134 rotiert relativ zu dem Ständer 236, wie durch die Pfeile angedeutet ist, bis die Pole des Ständers und der Magnet 134 aufeinander ausgerichtet sind und so eine stabile Position bieten. Der Zeiger 226 wird somit in eine neue Winkelposition verschoben, und zu diesem Zeitpunkt können die Spulen 118 und die Bremse 146 enterregt werden. Die Bremse 146 kehrt dann in ihre konkave Form zurück, in der sie den Magnet 134 (und den Zeiger) abbremst und festhält.

In Fig. 13 ist ein Blockdiagramm für ein erstes Spulenantriebssystem dargestellt, das allgemein mit der

Bezugsziffer 240 bezeichnet ist. Das Spulen Antriebssystem 240 weist vorzugsweise einen Mikroprozessor 242, einen D/A-Wandler 244, eine Verstärkungs- und Versatzschaltung 246 und eine Stromverstärkerstufe auf, die allgemein mit der

5 Bezugsziffer 248 bezeichnet ist. Der Mikroprozessor 242 wie beispielsweise ein Mikroprozessor der Baureihe 68HC05, der im Handel von Motorola aus Phoenix, Arizona, Vereinigte Staaten von Amerika, erhältlich ist, liest und verarbeitet Eingänge von Sensoren, die hier nicht speziell dargestellt

10 sind, um eine gewünschte Winkelposition für den Motor zu erzeugen. Den Spulen Antriebsspannungen (s. Fig. 4) entsprechende Daten werden vorzugsweise in einer Verweistabelle im Speicher (nicht speziell dargestellt) gespeichert. Diese gewünschte Position wird als digitales

15 Signal zum D/A-Wandler 244 übertragen, der beispielsweise ein vierkanaliger 8-Bit-D/A-Wandler des Typs 86021 ist, der im Handel von den Microelectronics IC Divisions von Fujitsu aus San Jose, Kalifornien, Vereinigte Staaten von Amerika, erhältlich ist und das digitale Signal in ein

20 entsprechendes Analogsignal umwandelt. Eine genaue Kommunikation zwischen dem Mikroprozessor 242 und dem D/A 244 wird durch eine standardmäßige Steuer- und Decodierungslogik 250 gewährleistet, die einen D/A-Kanal wählt und dergleichen. Je nachdem, welche Spulen erregt

25 werden müssen, um den Motor in die gewünschte Position zu drehen, wird das analoge Positionssignal als nächstes zur entsprechenden Verstärkungs- und Versatzschaltung 246 sowie zur Leistungsverstärkerstufe 248 übertragen. Die Leistungsverstärker 248 verstärken die sinusförmigen

30 Spulen Antriebsspannungssignale, die recht niedrige Pegel haben können, vorzugsweise Werte zwischen etwa 3V und etwa 7V. Die Positionssensorschaltung 252 überwacht die Spulenspannungen und sendet Positionsrückmeldungssignale in

bezug auf die Winkelposition der Motorwelle zum Mikroprozessor 242. So ist es verständlich, daß das auf einem Mikroprozessor basierende System 240 voll programmierbar ist, so daß die tatsächliche  
5 Meßgerätbewegung durch die Spulenerregung gesteuert werden kann, und es kann auch gesteuert werden, "wann" die Spulen erregt werden.

In Fig. 14 ist ein Blockdiagramm für ein alternatives programmierbares Spulenantriebssystem dargestellt, das  
10 allgemein mit der Bezugsziffer 260 bezeichnet ist. Wie illustriert, umfaßt das Spulenantriebssystem 260 einen A/D-Wandler 262, einen elektrisch programmierbaren Nur-Lese-Speicher (EPROM) 264, einen D/A 266, eine Verstärkungs- und Versatzschaltung, die allgemein mit 268 bezeichnet ist, und  
15 eine Leistungsverstärkerstufe, die allgemein mit 270 bezeichnet ist. Ein analoges Spannungssignal ( $V_{in}$ ), wie z.B. von einem Kraftstoffpegelsensor, wird zum A/D 262 gesendet, der z.B. vom Typ ADC0808 ist, der im Handel von National Semiconductor aus Santa Clara, Kalifornien, Vereinigte  
20 Staaten von Amerika, erhältlich ist. Der A/D 262 wandelt bekanntlich dieses analoge Signal etwa alle vier (4) Takte in ein entsprechendes digitales Signal um und sendet das digitale Signal zum EPROM 264. Das digitale Signal repräsentiert tatsächlich eine Basisadresse im EPROM, und  
25 diese Adresse enthält digitale Daten, die die Spulenantriebsspannung für einen Knoten (z.B. Knoten A) repräsentieren. Die Spulenantriebsspannungen für die Knoten B und C befinden sich vorzugsweise in den nächsten beiden Adreßstellen, auf die zugegriffen wird, nachdem ein  
30 entsprechendes Signal von dem 2-Bit-Zähler zum EPROM gesendet wird. Somit stellt der EPROM 264 die Daten bereit, die zum Generieren der sinusförmigen Antriebsspannungen (wie z.B. die in Fig. 4 gezeigten) zu generieren, um den

Motor in die gewünschte Winkelposition zu drehen. Der EPROM 264 könnte natürlich auch Daten haben, die eine beliebige andere, wie beispielsweise eine quadratische oder dreieckige Wellenform repräsentieren. Die digitalen Daten werden von dem EPROM 264 zu dem D/A 266 übertragen. Der 2-Bit-Zähler 272 sendet kanalgewählte Daten zum D/A 266. Die weitere Bearbeitung der Spulenantriebsspannung durch die Verstärkungs- und Versatzschaltung 268 und die Leistungsverstärker 270 ist im wesentlichen wie oben in bezug auf Fig. 13 beschrieben. Somit ist das programmierbare Antriebssystem 260 ein kontinuierliches System, da  $V_{in}$  gelesen und der Motor angetrieben wird.

In Fig. 15 ist ein Blockdiagramm für ein alternatives stückweises, lineares, dreispuliges Motorantriebssystem dargestellt, das allgemein mit der Bezugsziffer 280 bezeichnet ist. Die Ausgestaltung wird für die Verwendung mit einem Motor gezeigt, der in einem Motordrehzahlmesser einer Instrumentengruppe in einem Kraftfahrzeug benutzt wird. In dieser Ausgestaltung wird ein Eingangssignal, wie z.B. von einem Motordrehzahlsensor (nicht speziell dargestellt), zur Signalverarbeitungsschaltung gesendet, die allgemein mit der Bezugsziffer 282 bezeichnet ist und die das Signal durch Eingeben einer Verstärkung bearbeitet, die je nach Zylinderzahl des Motors des Kraftfahrzeugs variiert. Dieses Signal zeigt allgemein die gewünschte Winkelposition des Zeigers in Verbindung mit dem Meßgerät an (z.B. sollte der Meßgerätzeiger auf 65 mph stehen). Dieses Signal wird dann zu einem Wellenformgenerator 284 gesendet, wie z.B. ein Generator des Typs LM1819, der im Handel von National Semiconductor aus Santa Clara, Kalifornien, Vereinigte Staaten von Amerika, erhältlich ist. Der Wellenformgenerator fungiert als Frequenz-Spannungs-Wandler und generiert vorzugsweise Sinus- und

Kosinuswellenformen. Diese Sinus- und Kosinuswellenformen werden dann durch eine standardmäßige Versatz- und Verstärkungsschaltung verarbeitet, die allgemein mit der Bezugsziffer 286 bezeichnet ist. Als nächstes wird eine

5 "Kopie" der Sinuswellenform unmittelbar zu den Leistungsverstärkern 292 gesendet. Eine "Kopie" der Sinus- und der Kosinuswellenform wird durch eine Phasenverschiebungsschaltung bearbeitet, die allgemein mit der Bezugsziffer 288 bezeichnet ist, und vor dem Senden zu

10 einem Verstärker 292 kombiniert. Die Phasenverschiebungsschaltung 288 multipliziert vorzugsweise die Sinuswellenform mit einer ersten Konstante (d.h.  $-0,5$ ) und multipliziert die Kosinuswellenform mit einer zweiten Konstante (d.h.  $-0,866$ ). Somit dient die Schaltung 388 zum

15 Generieren einer phasenverschobenen Sinuswellenform (z.B.  $X + 120^\circ$ ). Die andere "Kopie" der Wellenform wird von der Phasenverschiebungsschaltung bearbeitet, die allgemein mit der Bezugsziffer 290 bezeichnet ist und auf ähnliche Weise eine zweite phasenverschobene Sinuswellenform generiert

20 (z.B.  $X + 240^\circ$ ). Somit werden drei um  $120^\circ$  phasenverschobene Wellenformen zu den Leistungsverstärkern 292 gesendet, die die Wellenformen zum Anlegen an die Spulenknöten A, B und C verstärken, die durch die elektrische Zusammenschaltung der Spulen 118 gebildet werden. Fig. 16 veranschaulicht

25 beispielhaft die Spulenantriebsspannungs-Wellenformen in Abhängigkeit von der Winkelposition, generiert durch das in Fig. 15 gezeigte Spulenantriebssystem. Wie auf der horizontalen Achse sichtbar ist, sind nur etwa  $190^\circ$  der durch den Wellenformgenerator 284 generierten Wellenformen aufgezeichnet. Die Schaltung hat jedoch die Fähigkeit, eine

30 volle  $360^\circ$  Rotation zu erzeugen. Da der Wellenformgenerator 284 nur Näherungen von Sinus- und Kosinuswellen generiert, sind einige Ungenauigkeiten wie beispielsweise das Plateau

der Spannungswellenform für Knoten "A" zu erwarten. Solche Ungenauigkeiten haben jedoch keinen wesentlichen Einfluß auf die Positionierungsgenauigkeit.

In Fig. 17 ist ein Blockdiagramm für ein alternatives, stückweises, lineares, zweispuliges Motorantriebssystem dargestellt, das allgemein mit der Bezugsziffer 300 bezeichnet ist. Wie illustriert, beinhaltet das zweispulige Antriebssystem 300 einen Frequenz-Spannungs-Wandler 302, eine Versatz- und Verstärkungsschaltung, die allgemein mit 304 bezeichnet ist, und eine Transistorleistungsstufe, die allgemein mit 306 bezeichnet ist, einschließlich einer Mehrzahl von Operationsverstärkern und Transistoren. In dieser Ausgestaltung wird ein Eingangssignal, wie z.B. von einem Motordrehzahlsensor (nicht speziell dargestellt) zu der Frequenz-Spannungs-Wandlerschaltung 302 gesendet, die beispielsweise vom Typ LM2917 ist, der im Handel von National Semiconductor aus Santa Clara, Kalifornien, Vereinigte Staaten von Amerika, erhältlich ist und ein analoges Spannungssignal ausgibt. Das analoge Spannungssignal wird dann von einer standardmäßigen Versatz- und Verstärkungsschaltung 304 bearbeitet, die ein Signal mit allgemein linearer Flanke zu den Begrenzungsschaltungen 308 und 310 der Transistorleistungsstufe sendet. Die Begrenzungsschaltung 308 erhält auch eine Bezugsspannung ( $V_{A_{ref}}$ ), die den Spannungspegel repräsentiert, auf dem die Begrenzungsschaltung 308 die lineare Flanke begrenzt. Der Ausgang der Begrenzungsschaltung 308 wird zur negativen Verstärkungsschaltung 312 gesendet, die das Signal mit der begrenzten linearen Flanke umkehrt. Der Ausgang der Verstärkungsschaltung 312 wird dann zu dem zugehörigen Operationsverstärker/Transistor zum Anlegen an den Spulenknoten "A" gesendet. Die Antriebsspannung für den

Knoten "C" wird mit im wesentlichen ähnlicher Schaltung generiert, mit der Ausnahme, daß eine positive Verstärkungsschaltung 314 benutzt wird (d.h. die begrenzte Flanke wird nicht umgekehrt). Typische  
5 Spulenantriebsspannungen für die Knoten "A" und "C" sind in Fig. 18 dargestellt. Da es nur zwei Spulen gibt, wird der Knoten "B" auf einem positiven Vorspannungspegel gehalten, wie in Fig. 18 dargestellt ist.

Mit dem Schwingen der Antriebsspannungen für die  
10 Knoten "A" und "C" dient der Knoten "B" als Quell- und Senkenstrom. So ist beispielsweise aus Fig. 18 ersichtlich, daß an der Winkelposition von etwa  $120^\circ$  Spulenknotenspannung "A" > Spulenknotenspannung "B" > Spulenknotenspannung "C" ist. Somit fungiert der Knoten "B" als Stromsenke für den  
15 von "A" fließenden Strom und als Stromquelle für den zum Knoten "C" fließenden Strom. An einer Winkelposition von etwa  $225^\circ$  ist jedoch Spulenknotenspannung "C" > Spulenknotenspannung "B" > Spulenknotenspannung "A". Somit fungiert der Knoten "B" als Stromsenke für den vom Knoten  
20 "C" fließenden Strom und als Stromquelle für den vom Knoten "A" fließenden Strom.

In Fig. 19 ist ein schematisches Diagramm für ein einfaches passives Spulenantriebssystem dargestellt, das allgemein mit der Bezugsziffer 320 bezeichnet ist. In  
25 dieser Ausgestaltung wird ein analoges Spannungssignal generiert, beispielsweise von einem Kraftstoffpegelsensor. Wie illustriert, wird dieses analoge Spannungssignal dann zum Spulenknoten "B" gesendet, um einen Bezugsspannungspegel am Knoten "B" einzustellen. Der  
30 Spulenknoten "A" ist vorzugsweise elektrisch an eine Spannungsquelle (V\*) angeschlossen, und der Spulenknoten "C" ist elektrisch an ein Massepotential angeschlossen. Somit fließt der Strom (i) in die durch die Pfeile angedeutete

Richtung. Es ist einleuchtend, daß ein solches Antriebssystem kostenarm ist und eine Rotation von etwa 120° ermöglicht. Fig. 20 ist eine grafische Darstellung der Beziehung zwischen der Sensorspannung (d.h. die Spannung am Knoten "B") und der entsprechenden Meßgerätposition (°). Wie  
5 gezeigt, besteht im allgemeinen eine lineare Beziehung zwischen der Sensorspannung und der Meßgerätposition.

In Fig. 21 veranschaulicht ein Ablaufdiagramm den Programmablauf zur Verwendung mit dem in Fig. 13 gezeigten mikroprozessorgestützten Antriebssystem 240. Bei Schritt  
10 400 tritt der Mikroprozessor ( $\mu$ P) 242 in eine Anlauf- und Initialisierungsphase, die das Rückstellen von Variablen, das Prüfen des Speichers und dergleichen beinhaltet. Bei Schritt 402 liest der  $\mu$ P 242 den Sensorausgang, und der  
15 Programmablauf geht zu der in Fig. 22 gezeigten Subroutine "Sensorausgang abtasten" über.

Wie in Fig. 22 gezeigt, erhält bei Schritt 430 der  $\mu$ P 242 Ausgangssignale von Sensoren wie beispielsweise einem Motordrehzahlsensor. Wenn der Sensorausgang analog ist,  
20 dann wandelt der interne A/D-Wandler den Ausgang in ein digitales Format zur weiteren Bearbeitung um. Aufgrund der Typenunterschiede von Sensoren, die Daten zum  $\mu$ P 242 senden könnten, kann die Größe des Sensorausgangs drastisch variieren. Für die genaueste Bearbeitung wird der  
25 digitalisierte Sensorausgang daher bei Schritt 432 skaliert.

Die skalierten Daten werden dann bei Schritt 434 überprüft und in einem internen flüchtigen Speicherelement und einem Direktzugriffsspeicher (RAM) des  $\mu$ P 242  
30 gespeichert. Durch die Datenüberprüfung wird gewährleistet, daß Sensorverschlechterungen und/oder -ausfälle erfaßt werden. Bei Schritt 436 kehrt der Programmablauf zu dem in Fig. 21 gezeigten Hauptprogramm zurück.

Wie in Fig. 21 gezeigt ist, bestimmt der  $\mu P$  242 bei Schritt 404, ob der skalierte Sensorausgang innerhalb eines Totbereiches des Motors 100 liegt. Der Totbereich repräsentiert die benötigte Mindeständerung der Winkelposition des Motors 100 und ist in Fig. 23 grafisch dargestellt. Die neue Winkelposition des Motors 100 liegt vorzugsweise außerhalb der Obergrenze  $l_u$  und der Untergrenze  $l_l$  (d.h. Bewegung um einen Winkel von  $\alpha^\circ$ ), bevor der  $\mu P$  242 die Spulen 118 erregt und seine Meßgerätposition aktualisiert. Der  $\mu P$  242 bestimmt zunächst die numerische Differenz zwischen dem skalierten Sensorausgang und dem skalierten Datenwert, der die aktuelle Winkelposition des Motors 100 repräsentiert. Wenn diese Differenz bedeuten würde, daß die Änderung der Winkelposition den Totbereich überschreitet, dann wird die Zeigerposition geändert.

Bei Schritt 406 geht der Programmablauf auf die in Fig. 24 gezeigte Subroutine "Meßgerätwert aktualisieren" über. Die skalierten Daten werden bei Schritt 460 aus dem RAM herausgelesen. Bei Schritt 462 werden die Daten dann in einen Wert umgewandelt, der eine entsprechende gewünschte Winkelposition des Motors repräsentiert. So kann beispielsweise der Sensorwert einer neuen Geschwindigkeit entsprechen, die in eine Winkelposition von  $X^\circ$  umgewandelt wird, wie in der Kurve angedeutet ist. Der  $\mu P$  242 schlägt dann in einer Datenverweistabelle die Daten nach, die in einem Nur-Lese-Speicher (ROM) (nicht speziell dargestellt) gespeichert sind und verwendet die gewünschten Winkelpositionsdaten des Motors. Der ROM enthält vorzugsweise eine Tabelle mit Daten, die Antriebsspannungen für die Spulen 118 repräsentieren. Im allgemeinen kann jede Winkelposition des Motors 100 durch einen eindeutigen Satz von Spulenspannungen charakterisiert werden, wie oben in Fig. 4 gezeigt wurde.

Weiter bezugnehmend auf Fig. 24, bei Schritt 464 benutzt der  $\mu P$  242 den Satz von Datenspannungen, um die Ausgangsfunktion zu berechnen, die auf jede der Spulen 118 anzuwenden ist. Vor dem Anwenden der Ausgangsfunktion (d.h. der Antriebsspannungen) auf die Spulen 118 erregt der  $\mu P$  242 die piezoelektrische Bremse 146 (in Fig. 1 gezeigt) bei Schritt 466. Wie zuvor beschrieben, wird dadurch das Bremsenflachstück abgelenkt, wodurch die Rotorbaugruppe 130 gelöst wird, so daß die Motorabtriebswelle 138 rotieren kann.

Bei Schritt 468 erregt der  $\mu P$  242 die Spulen 118 gemäß der Ausgangsposition. Die Abtriebswelle 138 dreht sich dann in die gewünschte Winkelposition. Bei Schritt 470 nimmt der  $\mu P$  242 die Kraft von der piezoelektrischen Bremse 146. Die Bremse 146 kehrt dann in ihre konkave Form zurück und wird an die Rotorbaugruppe 130 angedrückt, um deren weitere Rotation zu verhindern. Die Verwendung der piezoelektrischen Bremse 146 kann die präzise Steuerung der Reaktion des Motors 100 auf eine Ausgangsfunktion zulassen. Fig. 25 veranschaulicht die Beziehung zwischen einer idealen Motorreaktion (d.h. einer Schrittreaktion), einer gedämpften Motorreaktion und einer ungedämpften Motorreaktion in Abhängigkeit von der Zeit. Spezifisch ausgedrückt, können verschiedene Niveaus von Bremsbetätigungen während der Wellenrotation ein Überlaufen minimal halten und die Winkelposition schnell und genau fixieren.

Es ist natürlich verständlich, daß die hierin gezeigten und beschriebenen Formen der Erfindung die bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindungen darstellen, sie sollen nicht alle ihre möglichen Formen illustrieren.

So kann beispielsweise ein Positionsrückmeldungssignal in bezug auf die Position der Last durch Erregen von einer

- 33 -

der Spulen 118 generiert werden, wie z.B. in der Delta-Konfiguration von Fig. 2a, und durch Erfassen eines resultierenden Stroms oder einer Spannung, die an einer oder an allen beiden der anderen Spulen auftreten.

# Ansprüche

1. Elektromotor (100) zum Drehen einer Last in eine gewünschte Winkelposition in Reaktion auf ein Sensorsignal, wobei der Elektromotor (100) eine Ständerbaugruppe (110)  
5 aufweist, die einen Ständer (112) mit einer Mehrzahl von Nocken (114) aufweist, wobei der Ständer wenigstens eine Spule (118) aufweist, die um wenigstens eine aus der Mehrzahl von Nocken (114) gewickelt ist, wobei jede Spule (118) ein Paar Eingangsleitungen aufweist;  
10 eine Rotorbaugruppe (130) mit einem Magnet (134), der eine Mehrzahl von Polen aufweist, und ein Anschlußmittel (168) zum elektrischen Anschließen der Leitungen der wenigstens einen Spule zur Bildung eines Eingangsanschlusses, wobei der Motor (100) dadurch  
15 gekennzeichnet ist, daß der Magnet (134) gemäß einem Magnetflußprofil mit einer Amplitude magnetisiert ist, die sinusförmig mit der Winkelposition erheblich variiert, wobei der Magnet (134) mit der Last gekoppelt und rotationsmäßig relativ zur Ständerbaugruppe (110)  
20 positioniert ist; und  
daß die Rotorbaugruppe (130) relativ zur Ständerbaugruppe (110) in Reaktion auf ein im wesentlichen kontinuierlich veränderliches elektrisches Signal rotiert, das an den Eingangsanschluß angelegt wird, um die  
25 Rotorbaugruppe (130) unabhängig von der Geometrie des Ständers (112) in einer aus einer Mehrzahl von Positionen winkelmäßig zu positionieren, wobei sich die Winkelposition der Last im allgemeinen linear zum Sensorsignal ändert.
2. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, dadurch  
30 gekennzeichnet, daß die Rotorbaugruppe (130) eine Welle (138) aufweist, die mit der Last gekoppelt ist, wobei die Welle durch den genannten Ständer (112) verläuft.
3. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß der Ständer (112) eine ungerade Zahl von Nocken (114) aufweist, wobei der Ständer (112) wenigstens eine Spule (118) aufweist, die um wenigstens eine der Nocken (114) gewickelt ist, und wobei der Magnet  
5 (134) eine gerade Zahl von Polen aufweist.

4. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Steuermittel (242) zum Steuern der Bewegung der Last und zum Anlegen eines im wesentlichen kontinuierlich veränderlichen elektrischen Signals an den  
10 Eingangsanschluß, um die Rotorbaugruppe (130) relativ zur Ständerbaugruppe (110) unabhängig von der Geometrie des Ständers in eine beliebige aus einer Mehrzahl von Winkelpositionen zu drehen.

5. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, dadurch  
15 gekennzeichnet, daß der Ständer (112) eine Mehrzahl von Nocken (114) aufweist, wobei um jede eine Spule (118) gewickelt ist.

6. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Last ein Nadelzeiger ist.

20 7. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Schicht aus einem Isoliermaterial, auf der die Ständerbaugruppe unbeweglich befestigt ist.

8. Elektromotor (100) nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch ein Lager zum drehbaren Lagern der Welle (176)  
25 innerhalb der Ständerbaugruppe (110), während die Welle (176) in bezug auf die Ständerbaugruppe (110) frei rotieren kann.

9. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Schicht von Isoliermaterial (164), auf der  
30 elektrische Leiter ausgebildet sind, wobei die Ständernocken (114) aus einem magnetisch durchlässigen Material hergestellt und winkelmäßig in bezug aufeinander positioniert sind, wobei die wenigstens eine Spule (118)

elektrisch an die jeweiligen Leiter angeschlossen ist.

10. Elektromotor (100) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht aus Isoliermaterial (164) eine Rückseite aufweist, wobei der Ständer (112) unbeweglich an der Rückseite der Schicht befestigt ist und wobei die genannten Spulen (118) auf den Fluß von elektrischer Energie reagieren, indem sie bewirken, daß sich die genannte Rotorbaugruppe gegen die Rückseite der genannten Schicht bewegt, wodurch eine Bremskraft auf die genannte Rotorbaugruppe (130) ausgeübt wird.
11. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ständerbaugruppe drei Spulen aufweist, wobei die Spulen jeweils einen Abstand von  $120^\circ$  voneinander haben.
12. Elektromotor (100) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (118) in Delta-Formation geschaltet sind.
13. Elektromotor (100) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (118) in Stern-Formation geschaltet sind.
14. Elektromotor (100) nach Anspruch 11, bei dem die Spulen (118) in einer geerdeten Stern-Formation geschaltet sind.
15. Elektromotor (100) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel (242) ein geschlossener Regelkreis ist, der ein Mittel zum Generieren eines Positionsrückmeldesignals in bezug auf die Position der Last beinhaltet.
16. Elektromotor (100) nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch ein Mittel (252) zum Generieren eines Positionsrückmeldesignals in bezug auf die Position der Last.
17. Elektromotor (100) nach Anspruch 1, gekennzeichnet

durch eine Schicht aus Isoliermaterial (164) mit darauf ausgebildeten elektrischen Leitern, wobei der Ständer (112) unbeweglich auf der Schicht befestigt ist und wobei der Elektromotor (100) ferner einen piezoelektrischen Meßwertwandler (146) umfaßt, der elektrisch an die Leiter angeschlossen und zwischen der Rotorbaugruppe (130) und der Schicht aus Isoliermaterial (164) angeordnet ist, wobei der genannte piezoelektrische Meßwertwandler (146) auf den Fluß von elektrischer Energie reagiert, indem er Druck auf die genannte Rotorbaugruppe (130) ausübt, um auf diese Weise eine Bremskraft auf die genannte Rotorbaugruppe (130) auszuüben.

18. Verfahren zum Steuern eines Elektromotors zum Antreiben einer Last, wobei der Elektromotor (100) eine Ständerbaugruppe (110) sowie eine Rotorbaugruppe (130) zum Rotieren relativ zur Ständerbaugruppe hat, wobei das Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

Bereitstellen einer Bremsfläche (224);

Ausstatten der Ständerbaugruppe mit einer magnetisch durchlässigen Mitte "D", die von ihrer elektromagnetischen Mitte "E" verschoben ist;

Erregen einer der beiden Baugruppen mit wenigstens einem im wesentlichen kontinuierlich variablen elektrischen Signal, um so eine Axialkraft zwischen den beiden Baugruppen zu erzeugen, um die Rotorbaugruppe (130) von der Bremsfläche (224) wegzubewegen, und um eine Rotationskraft zu erzeugen, um die Rotorbaugruppe in eine gewünschte Position zu drehen; und

Enterregen der einen Baugruppe, so daß sich die Rotorbaugruppe gegen die Bremsfläche (224) bewegen kann, um die Rotorbaugruppe an der gewünschten Stelle festzuhalten.

19. Verfahren nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

Generieren eines Winkelpositionssignals, das für die gewünschte Position repräsentativ ist;

Generieren eines Referenzsignals, das für eine zweite Position repräsentativ ist;

5 Bereitstellen einer Reihe von Positionen einschließlich der gewünschten Position, wobei die Reihe von Positionen für das Totband des Motors repräsentativ ist;

10 Verarbeiten der Signale, um ein verarbeitetes Signal zu erhalten, und Verhindern der Rotation der Rotorbaugruppe von der gewünschten Position in die zweite Position, wenn die zweite Position innerhalb des Bereiches auf der Basis des verarbeiteten Signals ist.

20. Verfahren zum Zusammenbauen eines Miniaturmotors (100)  
15 zum genauen Drehen einer Last in eine gewünschte Winkelposition in Reaktion auf ein Sensorsignal auf einem Substrat mit darauf ausgebildeten elektrischen Leitern, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

20 Ausbilden eines Ständerkerns aus einer Mehrzahl von Lamellen, wobei der Ständerkern eine Mehrzahl von Nocken (214) aufweist; Wickeln von wenigstens einer Spule um eine zugehörige Ständernocke, wobei die wenigstens eine Spule ein Paar Leitungen aufweist; und gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

25 Bereitstellen eines Spulenanschlußmittels, das sich zwischen dem Motor und dem Substrat befindet, wobei das Spulenanschlußmittel eine Mehrzahl von Abschlüssen (188) aufweist;

30 elektrisches Anschließen der Leitungen der wenigstens einen Spule an einen zugehörigen Spulenanschlußmittel-Abschluß;

unbewegliches Anbringen des Anschlußmittels der Spule (118) an dem Substrat, so daß das Spulenanschlußmittel

elektrisch mit den elektrischen Leitungen gekoppelt ist;

Magnetisieren eines Dauermagnets (134) mit einem Magnetfluß mit einer Amplitude, die im wesentlichen sinusförmig mit der Winkelposition variiert, wobei der  
5 Magnet den Ständerkern umgibt, und

Bereitstellen eines Rotors (130) mit dem den Ständerkern umgebenden Dauermagnet für eine Rotation relativ dazu in Reaktion auf ein an die elektrischen Leiter angelegtes, im wesentlichen kontinuierlich veränderliches  
10 elektrisches Signal.

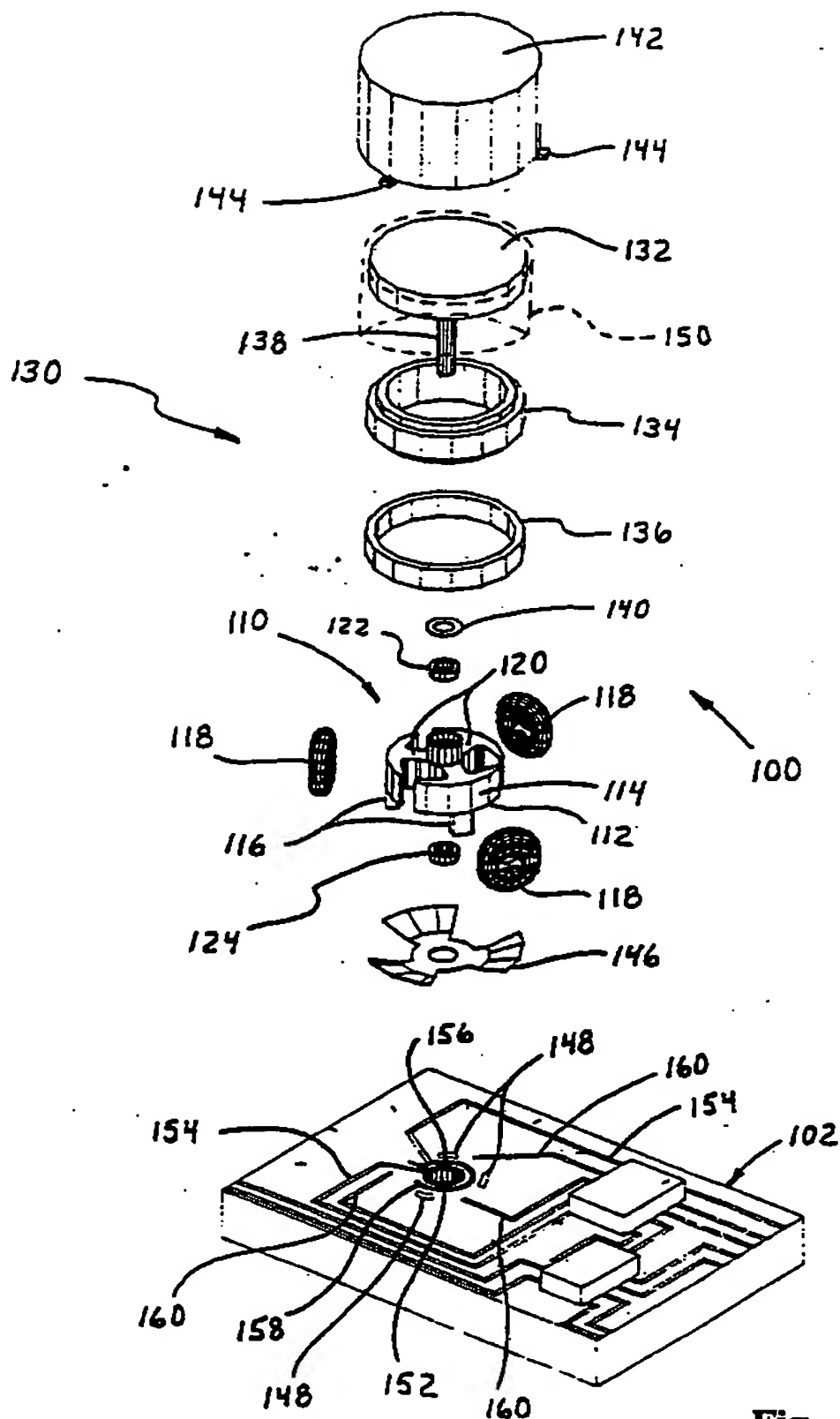


Fig. 1

10.02.98

EP 0 694 203  
DEAB-64305.0

2/19

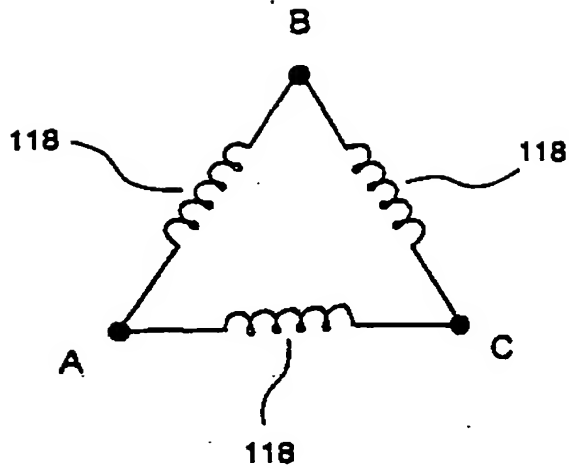


Fig. 2a

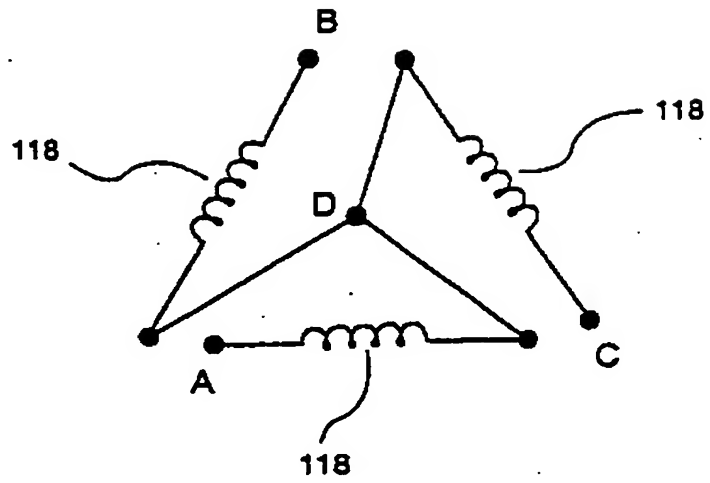


Fig. 2b

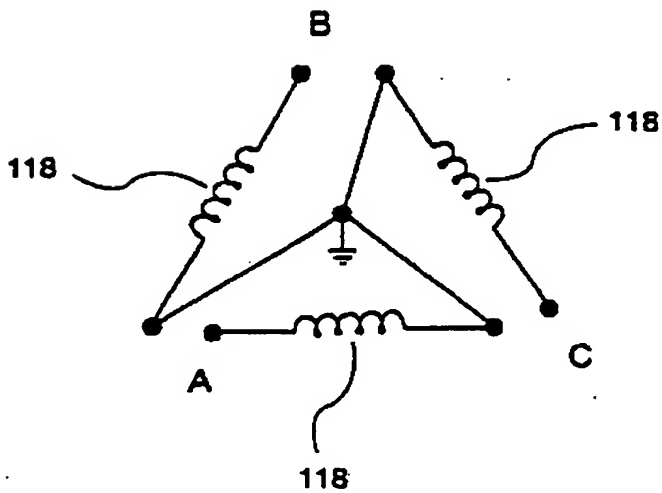


Fig. 2c

3/19

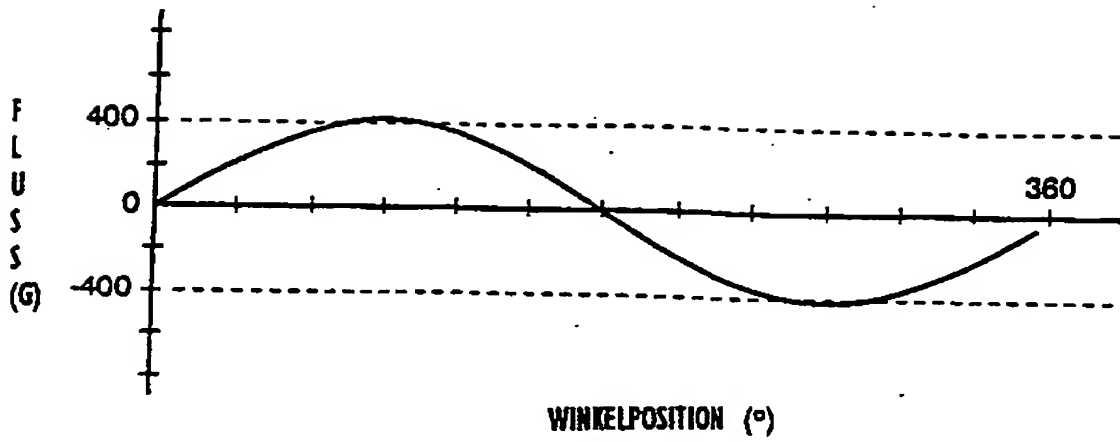


Fig. 3

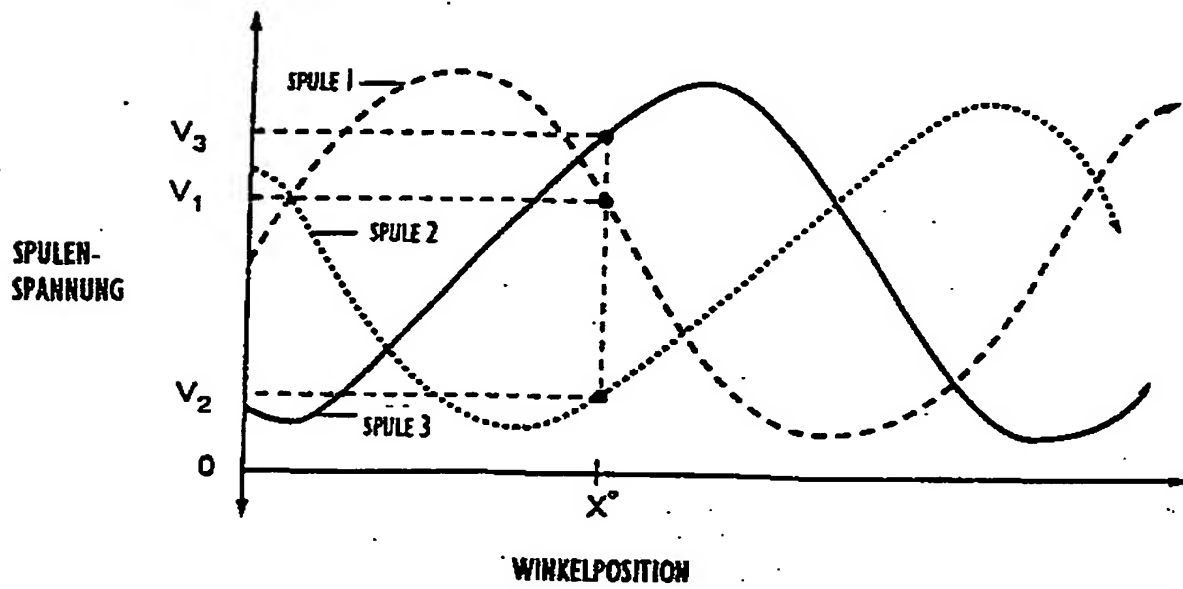


Fig. 4

4/19

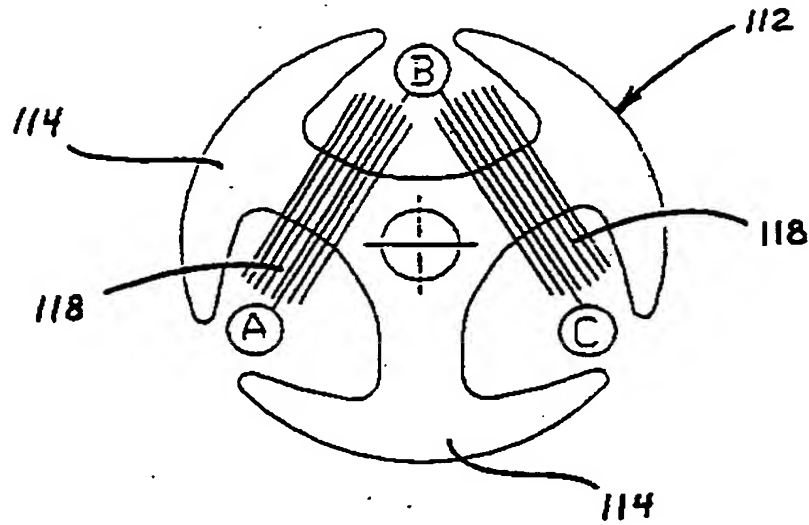


Fig. 5

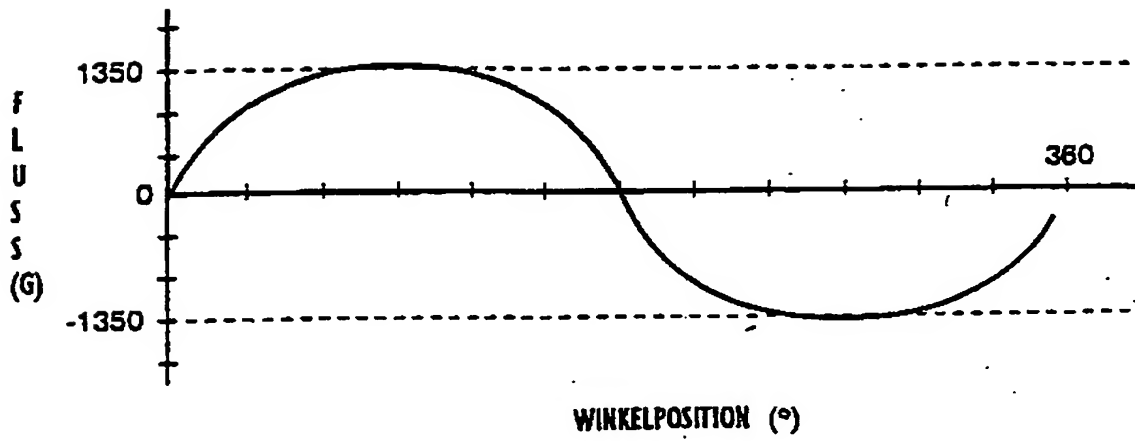


Fig. 6

5/19

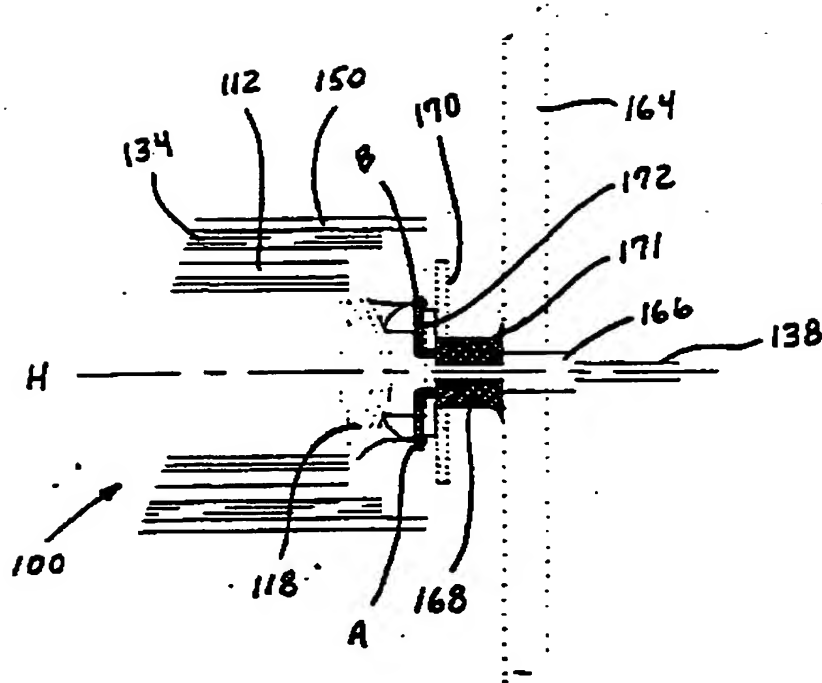


Fig. 7

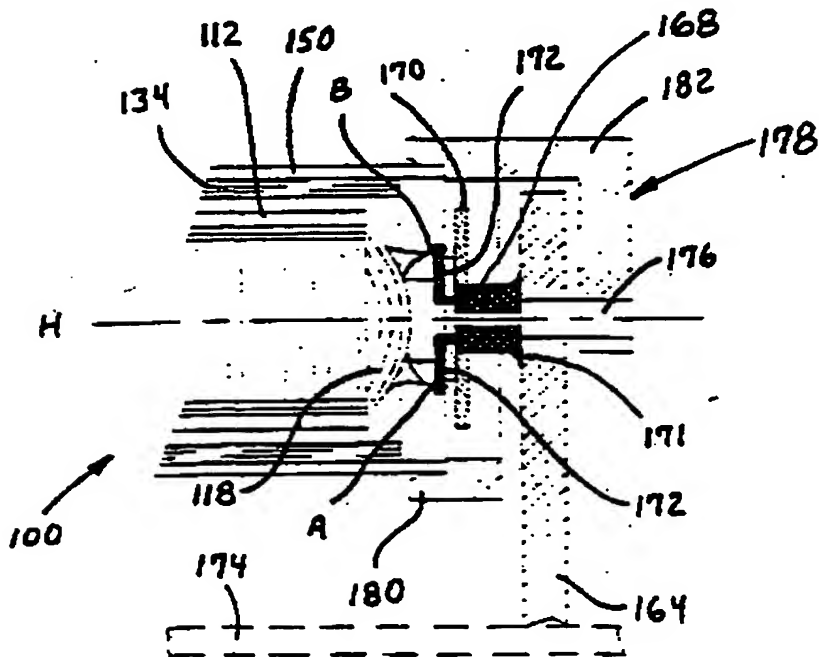


Fig. 8

6/19

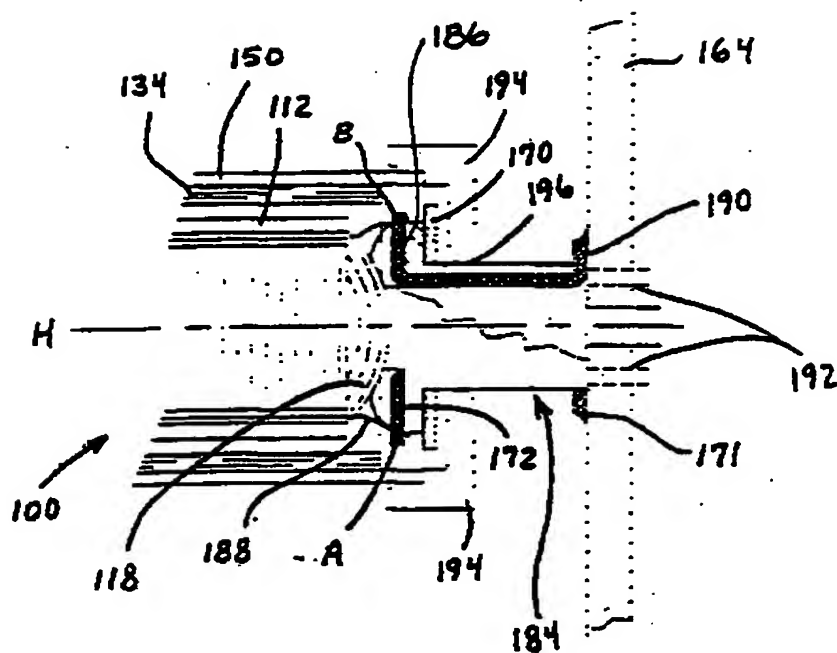


Fig. 9

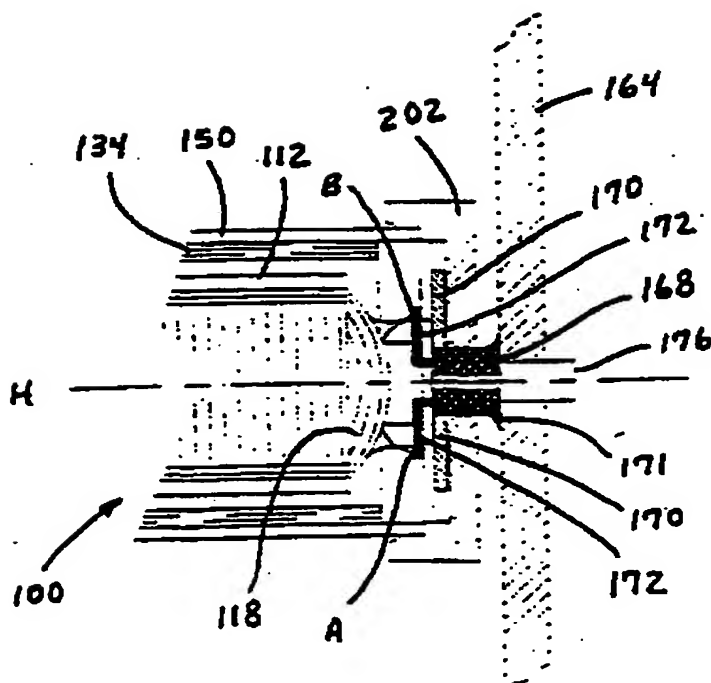


Fig. 10



8/19

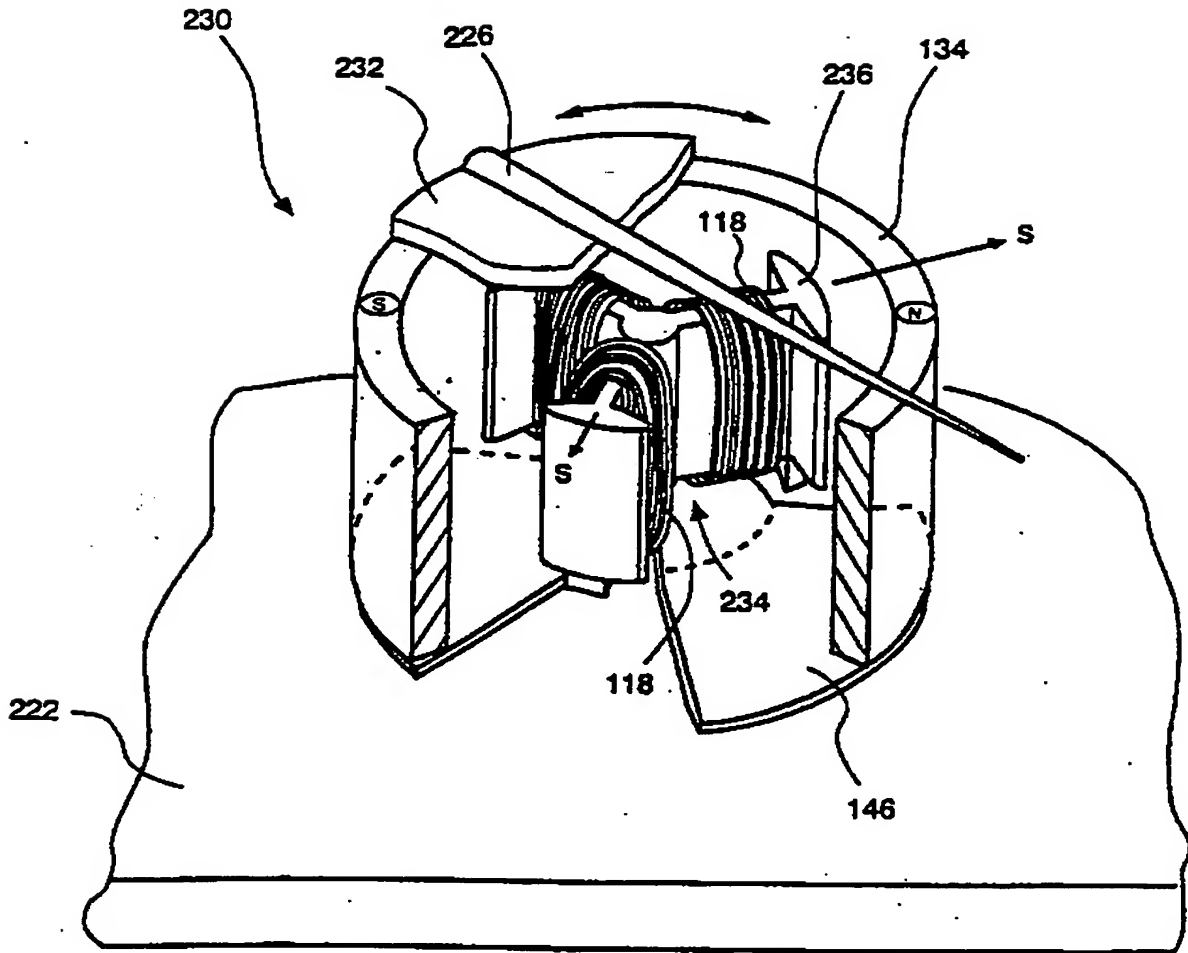


Fig. 12

10.00.98

DEAB-64305.0

9/19

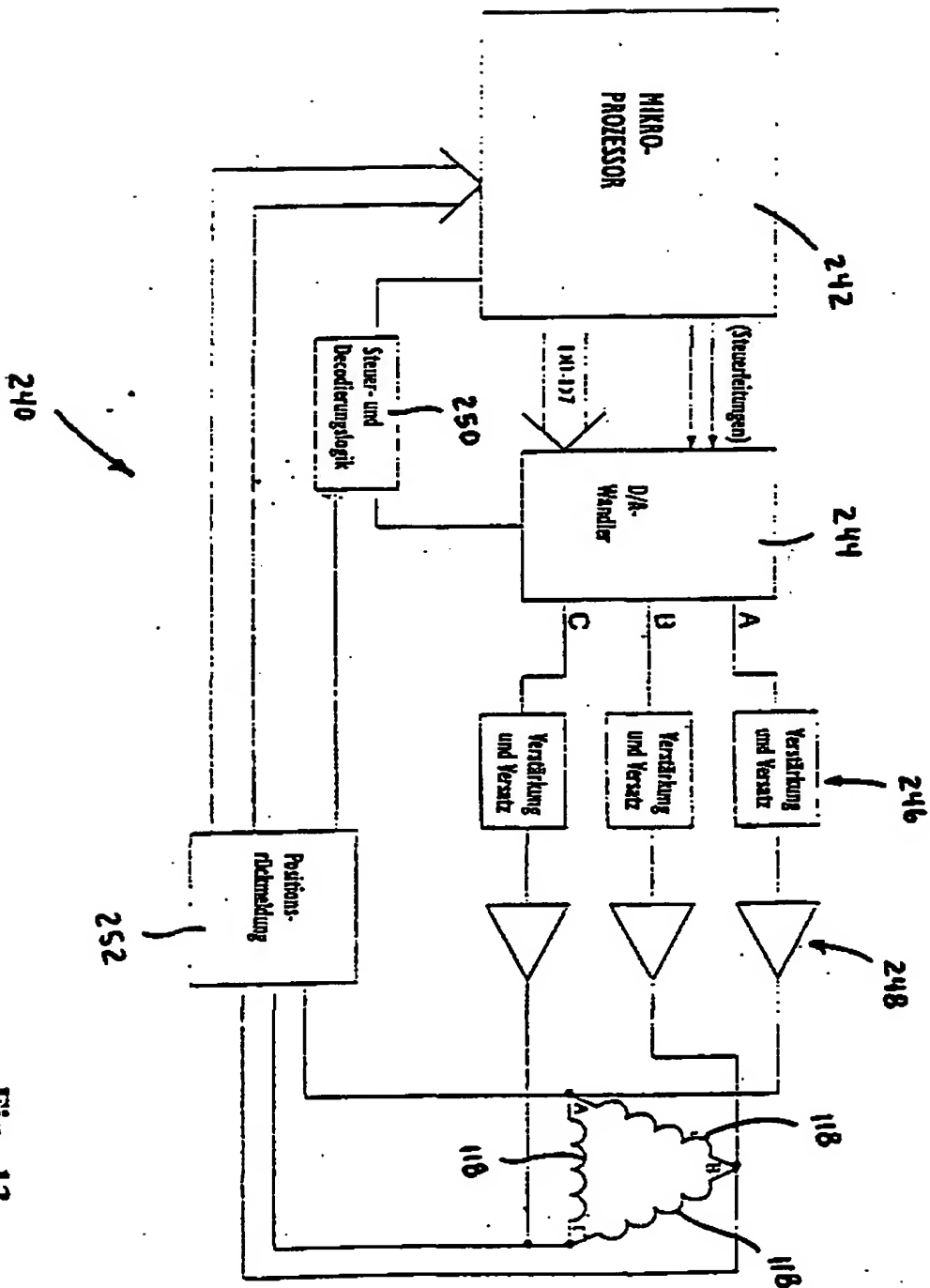


Fig. 13

10/19

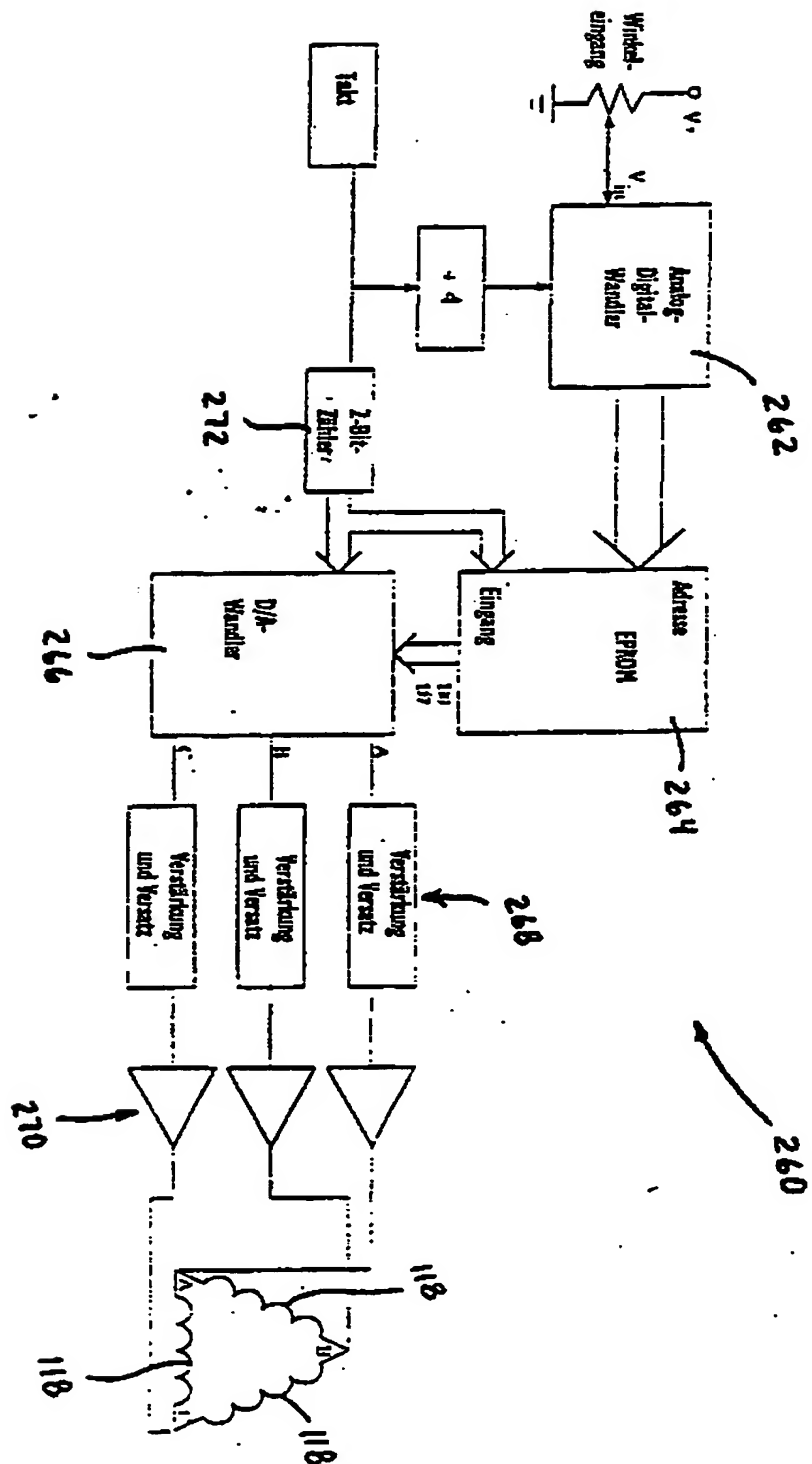


Fig. 14

11/19

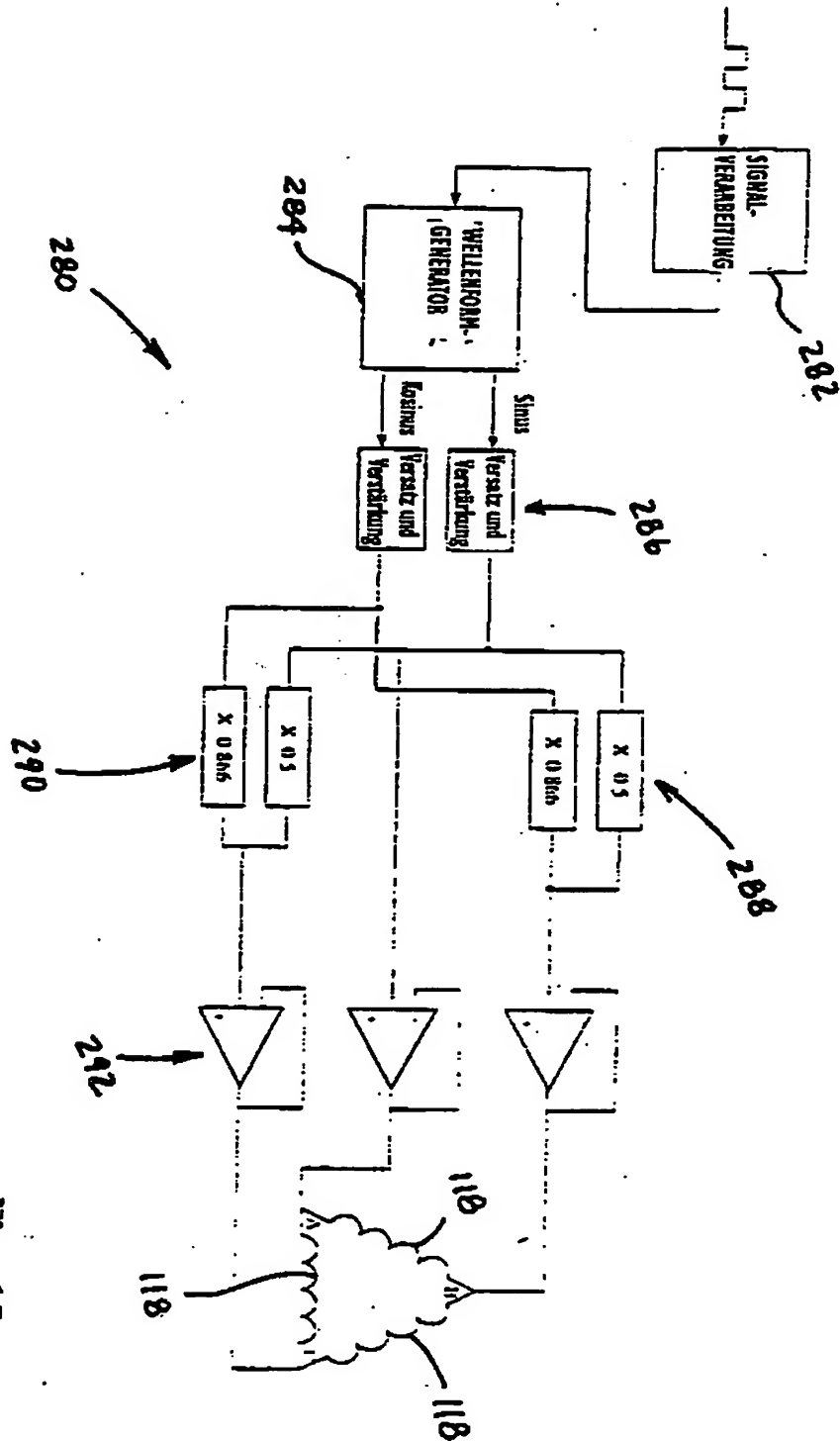


Fig. 15

10.00.98

DEAB-64305.0

12/19

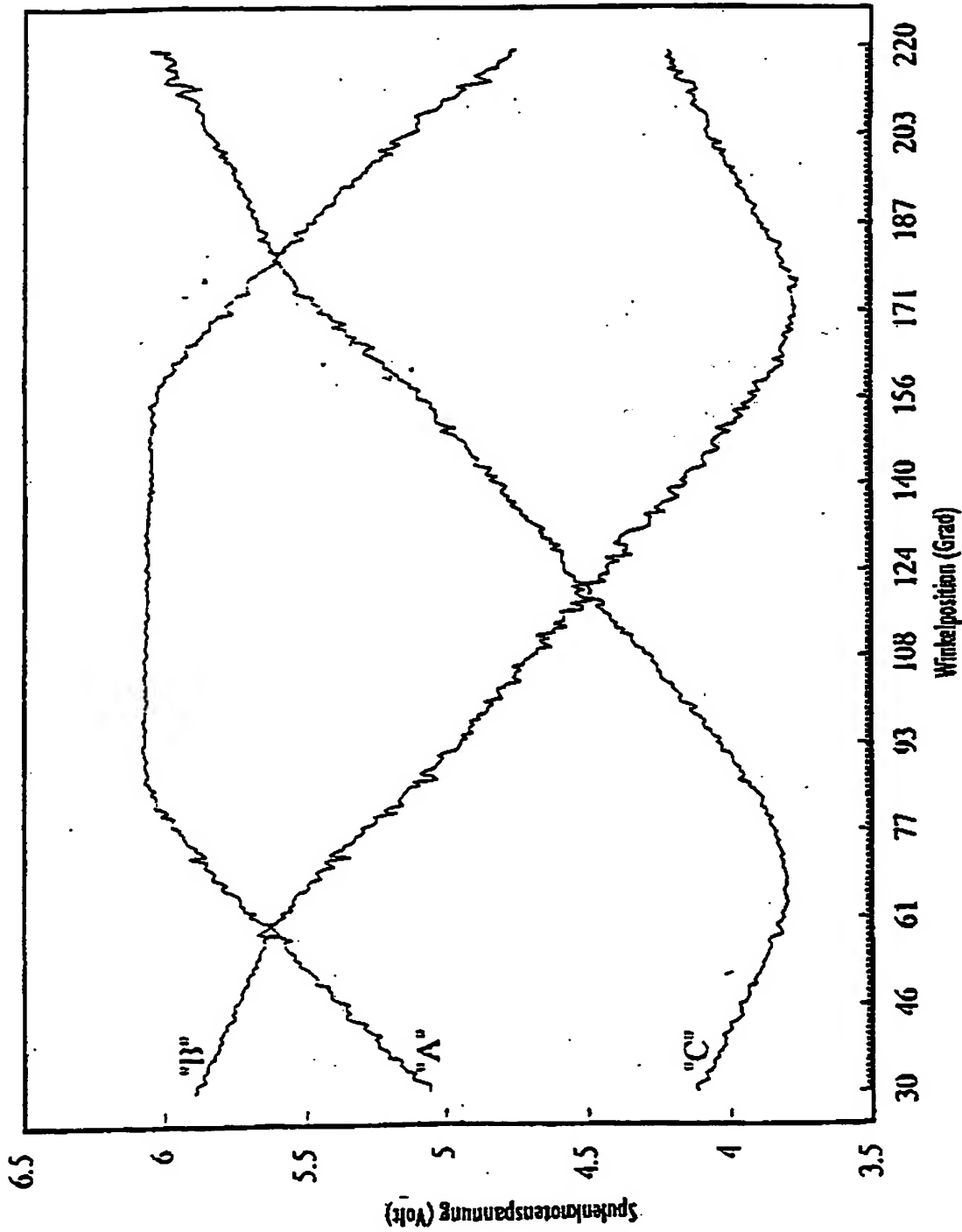


Fig. 16

10.00.98

DEA8-64305.0

13/19

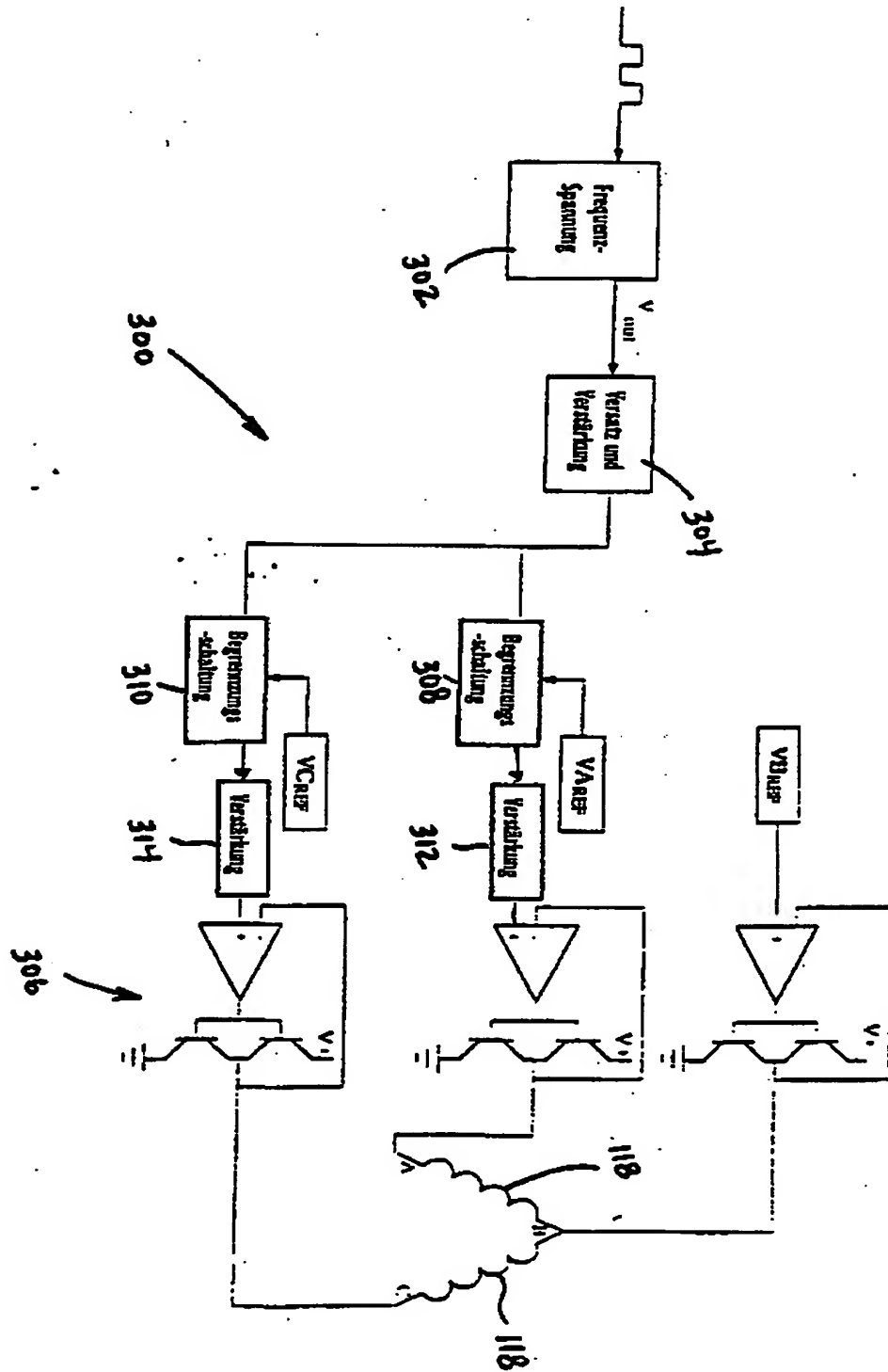


Fig. 17

10.02.98

DEAB-64305.0

14/19

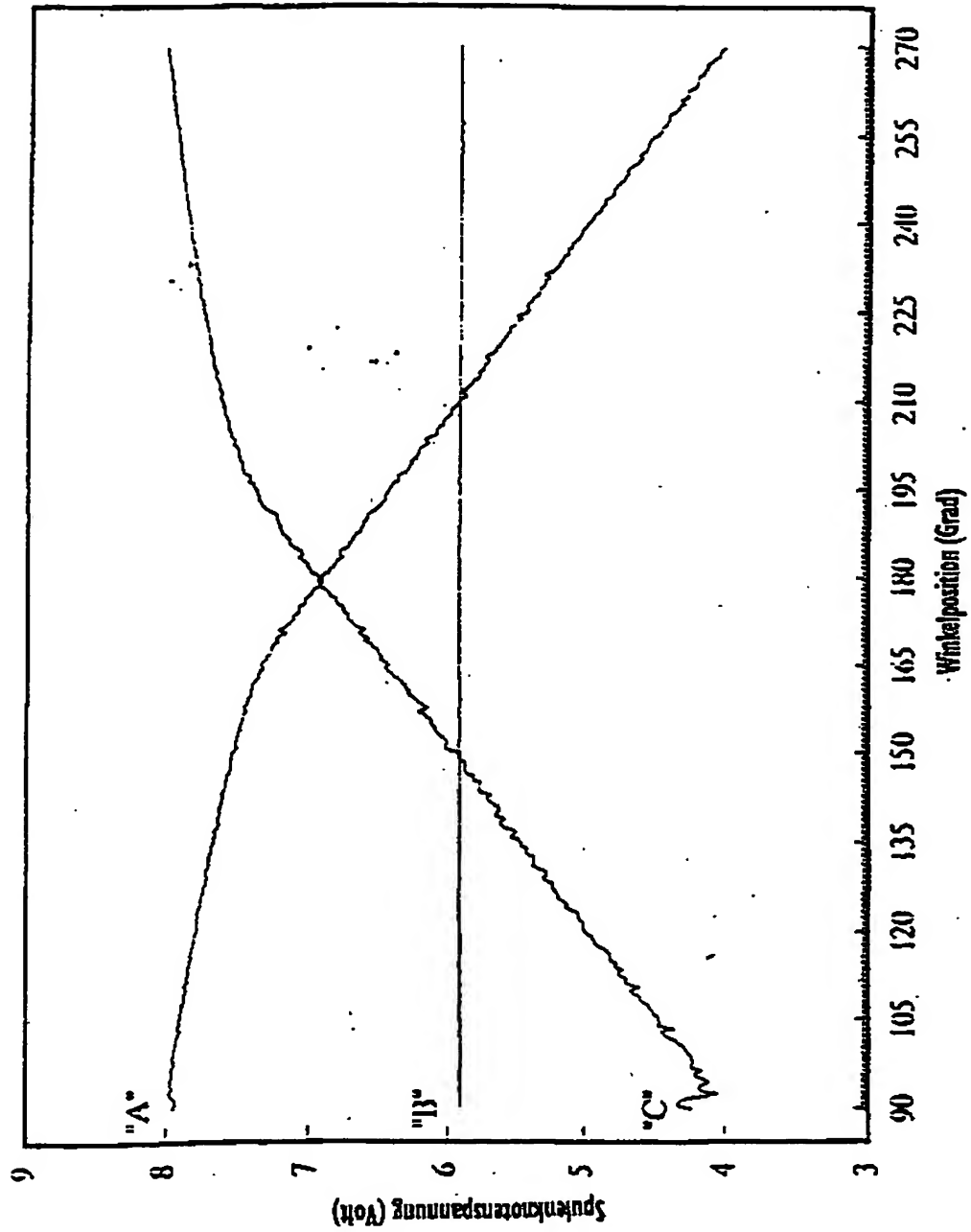


Fig. 18

15/19

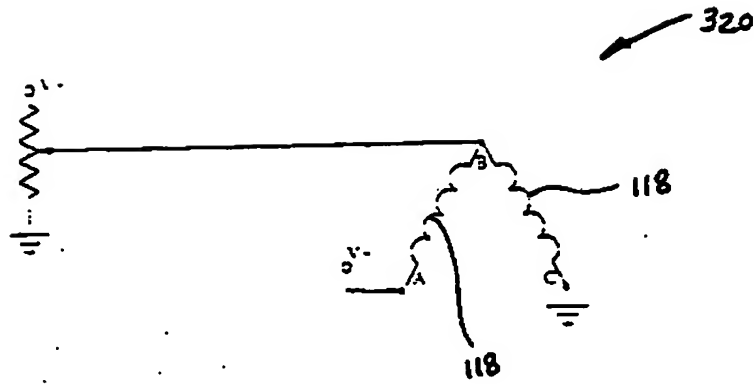


Fig. 19

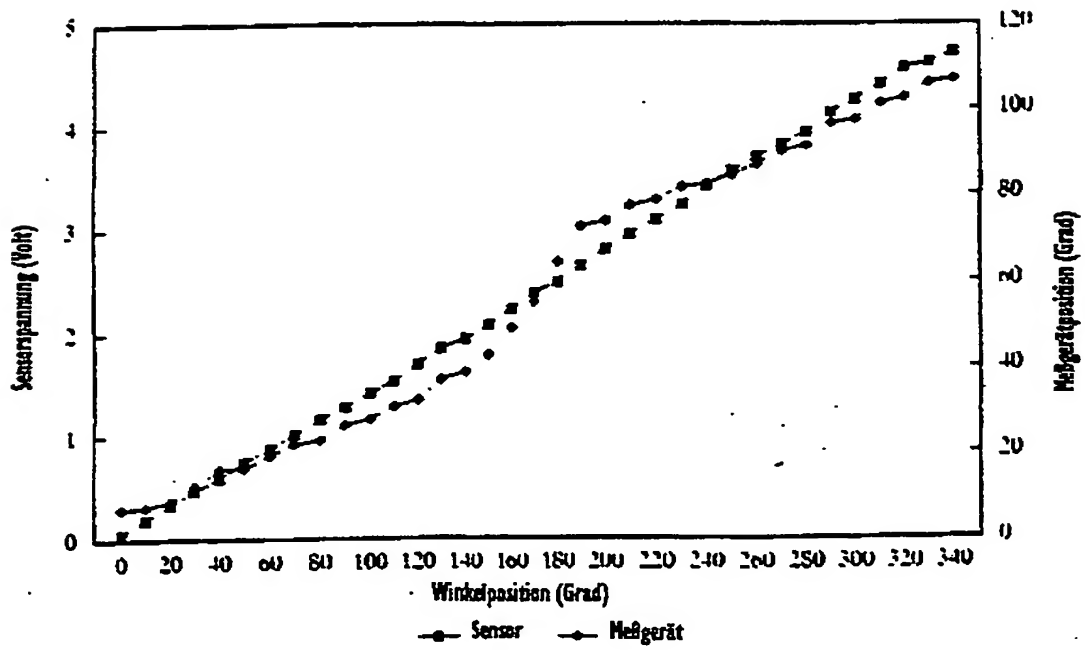
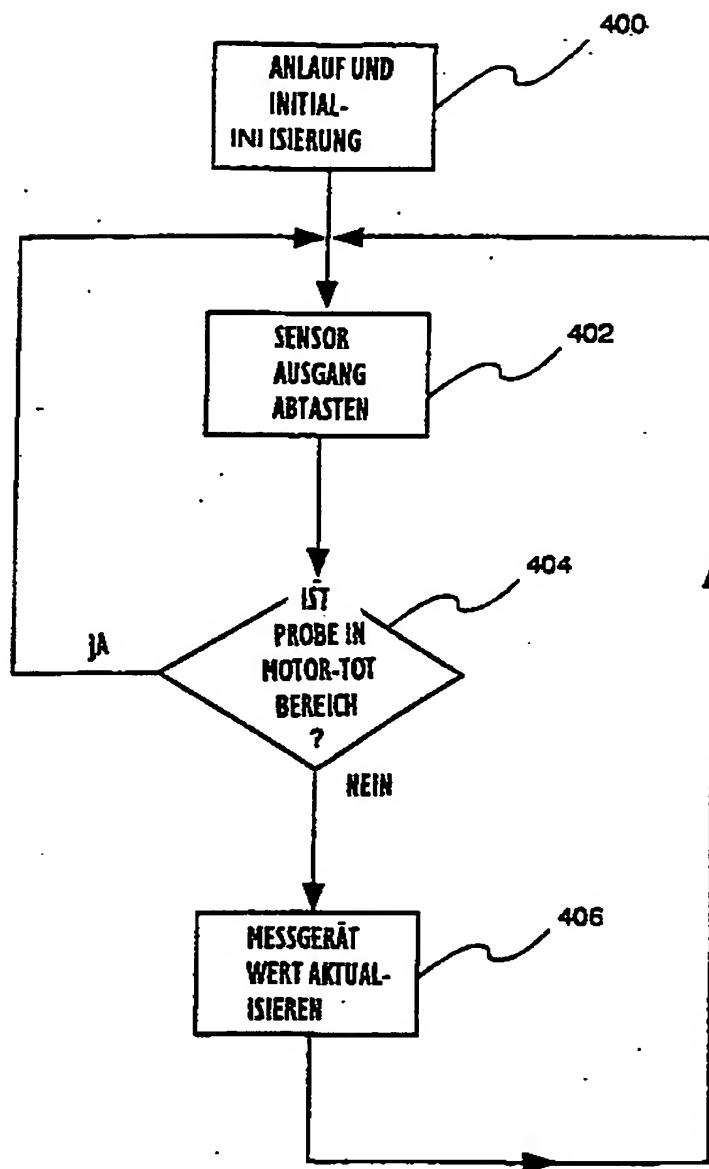
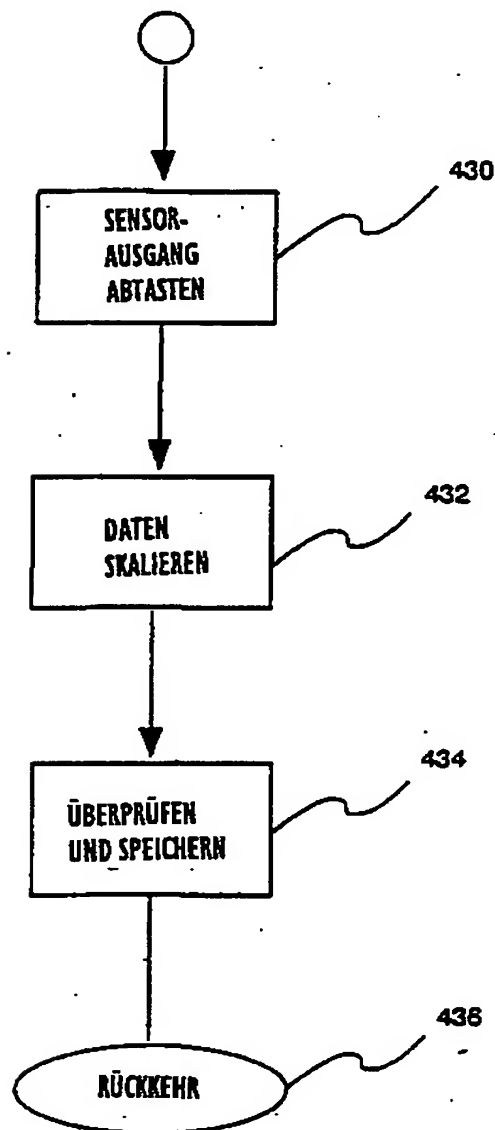


Fig. 20

**HAUPTPROGRAMM****Fig. 21**

**SUBROUTINE "SENSORAUSGANG ABTASTEN"****Fig. 22**

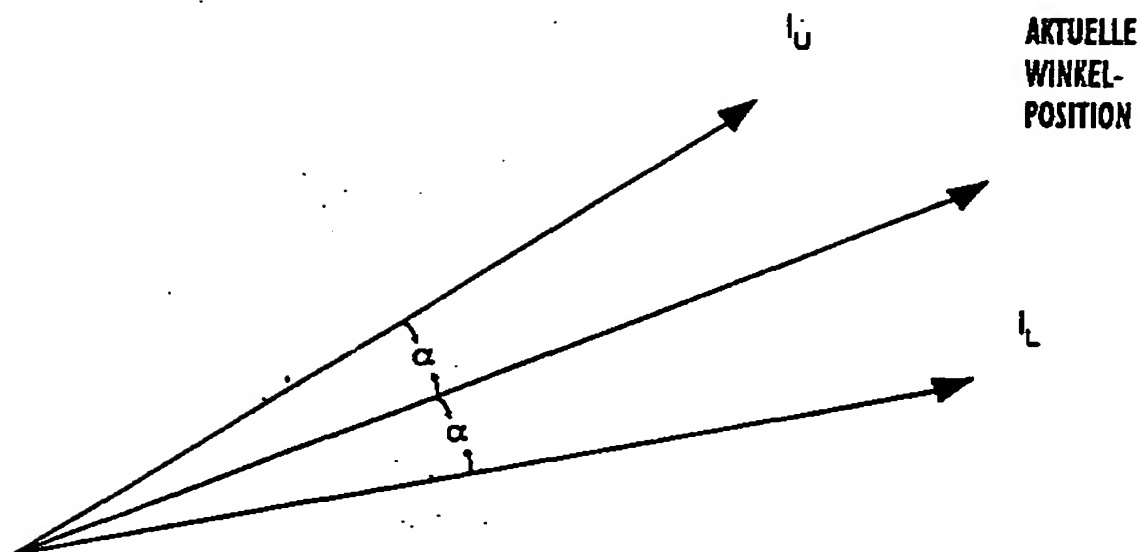


Fig. 23

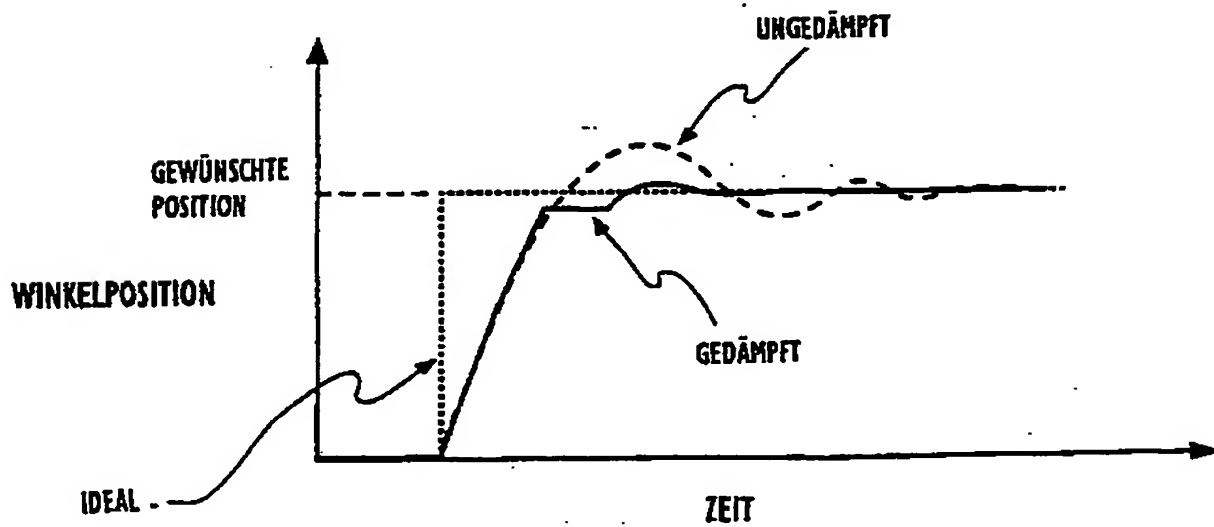
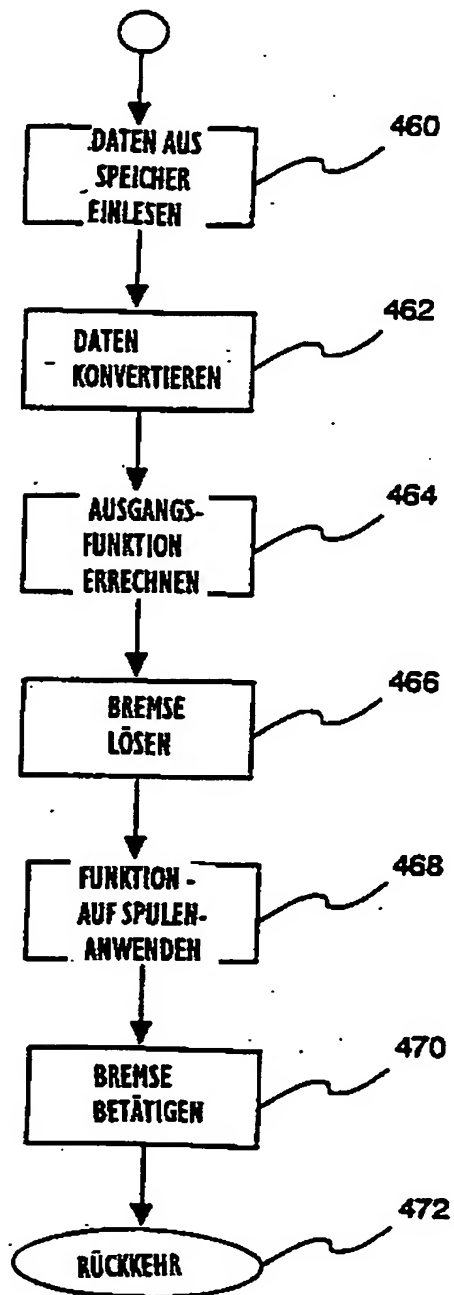


Fig. 25

**SUBROUTINE "MESSGERÄTWERT AKTUALISIEREN"****Fig. 24**